

# REGIONE LAZIO

Provincia di Viterbo (VT)

## COMUNE DI CELLERE



REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	CONTROL.	APPROV.
1	EMISSIONE PER ENTI ESTERNI	24/02/22	NASTASI M.	FURNO C.	NASTASI A.
0	EMISSIONE PER COMMENTI	18/02/22	NASTASI M.	FURNO C.	NASTASI A.

Committente:

**IBERDROLA RENEVABLES ITALIA S.p.A.**



Sede legale in Piazzale dell'Industria, 40, 00144, Roma  
Partita I.V.A. 06977481008 - PEC: iberdrolarenovablesitalia@pec.it

Società di Progettazione:

*Ingegneria & Innovazione*



Via Jonica, 16 - Loc. Belvedere - 96100 Siracusa (SR) Tel. 0931.1663409  
Web: [www.antexgroup.it](http://www.antexgroup.it) e-mail: [info@antexgroup.it](mailto:info@antexgroup.it)

Progetto:

**PARCO EOLICO DI "CELLERE"**

Progettista/Resp. Tecnico:

Dott. Ing. Cesare Furno  
Ordine degli Ingegneri  
della Provincia di Catania  
n° 6130 sez. A

Elaborato:

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA

Geologo:

Dott. Geol. Milko Nastasi  
Ordine Regionale  
dei Geologi di Sicilia  
n° 3139 sez. A

Scala:

NA

Nome DIS/FILE:

C20041S05-PD-RT-03-01

Allegato:

1/1

F.to:

A4

Livello:

**DEFINITIVO**

Il presente documento è di proprietà della ANTEX GROUP srl.  
È vietato la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta.  
La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.



## INDICE

1. PREMESSA.....	3
2. FASI DI LAVORO.....	3
3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	4
4. INQUADRAMENTO STRUTTURALE.....	6
5. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO-IDROGEOLOGICO.....	7
5.1 Morfologia.....	7
5.2 Idrologia e idrogeologia.....	8
6. INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	11
7. CARATTERIZZAZIONE DEL SITO SECONDO LE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI (NTC 2018).....	12
7.1 Pericolosità sismica.....	13
8. CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE.....	21
9. PIANO DI INDAGINI PREVISTO.....	22
9.1 Risultati delle indagini.....	25
10. PERICOLOSITA' GEOLOGICA E IDRAULICA.....	26
10.1 Carte rischi e pericolosità PAI.....	26
11. CONSIDERAZIONE SULLA VIABILITA' E LE PIAZZOLE IN PROGETTO.....	31
11.1 Piazzole e rilevati.....	31
11.2 Viabilità esterna.....	33
12. OPERE IDRAULICHE.....	34
13. SOTTOSTAZIONE.....	35
CONCLUSIONI.....	36

## Indice delle figure

Figura 1 - Corografia della zona in scala 1:25000.....	5
Figura 2 - Mappa dei vari siti dell'impianto in progetto.....	6
Figura 3 - Quadro schematico del contesto geodinamico del Mediterraneo occidentale (da DOGLIONI et alii, 1999b). Si notino in particolare lo smembramento della Catena Alpina a seguito della rotazione del blocco Sardo-Corso e la distribuzione dei bacini di retroarco.....	7
Figura 4 - Immagina rappresentativa delle strutture geomorfologiche presenti su base DEM.....	8
Figura 5 - pozzo nelle vicinanze della WTG C03, C04.....	10
Figura 6 - Modello 3d dell'area con litologia e turbine in evidenza.....	12
Figura 7 - Mappa della pericolosità sismica (INGV).....	15
Figura 8 - stralcio cartografia PAI della pericolosità geomorfologica.....	28
Figura 9 - cartografia PAI della pericolosità geomorfologica.....	29
Figura 10 - cartografia PAI della pericolosità idraulica.....	30

## 1. PREMESSA

Su incarico di IBERDROLA Renovables Italia S.p.A., la società Antex Group Srl ha redatto il progetto definitivo relativo alla realizzazione di un impianto eolico nel comune di Cellere, nella provincia di Viterbo.

Il progetto prevede l'installazione di n. 10 nuovi aerogeneratori con potenza unitaria di 6 MW, per una potenza complessiva di impianto di 60 MW.

Gli aerogeneratori saranno collegati alla nuova Stazione di trasformazione Utente, posta nel comune di Valentano (VT), tramite cavidotti interrati con tensione nominale pari a 30 kV.

La stazione di trasformazione utente riceverà l'energia proveniente dall'impianto eolico a 30 kV e la eleverà alla tensione di 150 kV.

Tutta l'energia elettrica prodotta verrà ceduta alla rete tramite collegamento in antenna a 150 kV, da cabina utente adiacente, in nuova Stazione Elettrica di Smistamento di Terna da inserire in entra-esce sulla linea RTN esistente "Latera-San Savino" a 150 kV.

Le attività di progettazione definitiva e di studio di impatto ambientale sono state sviluppate dalla società di ingegneria Antex Group Srl.

Antex Group Srl è una società che fornisce servizi globali di consulenza e management ad Aziende private ed Enti pubblici che intendono realizzare opere ed investimenti su scala nazionale ed internazionale.

È costituita da selezionati e qualificati professionisti uniti dalla comune esperienza professionale nell'ambito delle consulenze ingegneristiche, tecniche, ambientali e gestionali.

Sia Antex che Iberdrola pongono a fondamento delle attività e delle proprie iniziative, i principi della qualità, dell'ambiente e della sicurezza come espressi dalle norme ISO 9001, ISO 14001 e OHSAS 18001 nelle loro ultime edizioni.

Difatti, in un'ottica di sviluppo sostenibile proprio e per i propri clienti e fornitori, le Aziende citate posseggono un proprio Sistema di Gestione Integrato Qualità-Sicurezza-Ambiente.

## 2. FASI DI LAVORO

Per adempiere alle considerazioni fatte nella premessa, in questa fase di progetto definitivo, sono stati eseguiti sopralluoghi, ricerche bibliografiche, consultata la cartografia P.A.I. vigente e le varie carte tematiche della zona, il tutto per accertare le condizioni geologiche della zona e cercare di definire a grandi linee il modello geologico.

A corredo dello studio effettuato sono stati prodotti i seguenti allegati:

	<p style="text-align: center;"><b>PARCO EOLICO DI "CELLERE"</b></p> <p style="text-align: center;">RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA</p>	 Ingegneria & Innovazione		
		24/02/2022	REV: 1	Pag.4

- All. 1 - Corografia, scala 1:25000;
- All. 2 - Carta Geologica, scala 1:10000;
- All. 3 - Carta idrogeologica, scala 1:10000;
- All. 4 - Carta geomorfologica scala 1:10000;
- All. 5 - Carta del pericolo geomorfologico, scala 1:10000;
- All. 6 - Carta del rischio geomorfologico, scala 1:10000;

La caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni in questa fase verrà eseguita consultando la letteratura geologica presente e lavori eseguiti in zona e pubblicati online, ubicati nelle zone limitrofe in cui sono presenti formazioni geologiche con caratteristiche simili alla nostra area di studio.

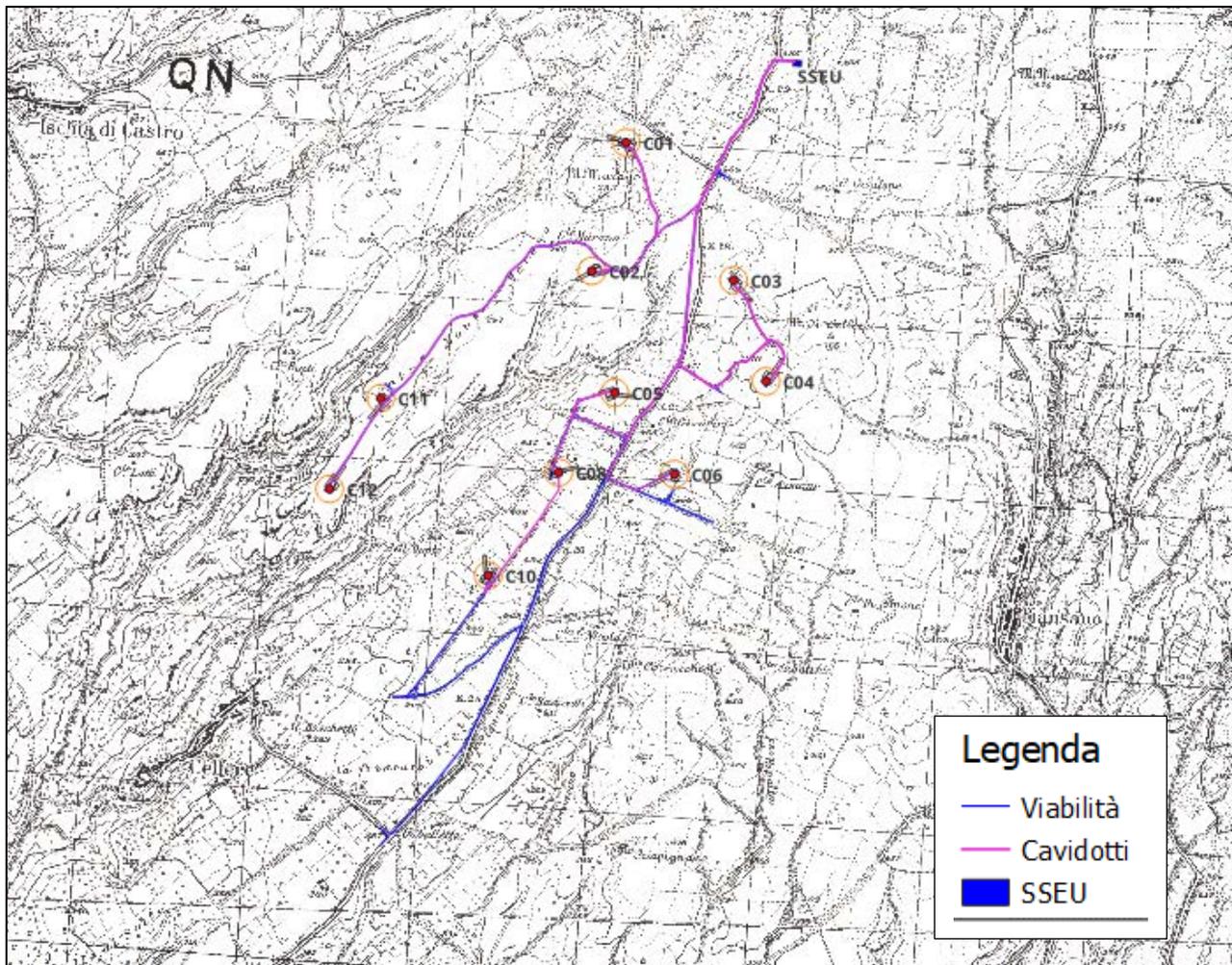
Ovviamente è da sottolineare che, questo approccio non è esaustivo ai fini della ricostruzione di un modello geologico ben definito, saranno necessari in fase esecutiva studi geognostici diretti ed indiretti al fine di caratterizzare al meglio i primi 10 metri di terreno sul quale insisteranno le fondazioni delle turbine.

Le norme, alla quale si è fatto riferimento sono elencate di seguito:

- le norme vigenti in tema di LL.PP. e in particolare dal D.M. del 17.01.2018 (NTC) e ss.mm.ii. e relativa circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.
- le linee guida edite dall’A.R.T.A. nell’ambito del Piano per l’Assetto Idrogeologico (P.A.I.).
- Norme di Attuazione del P.A.I. (Aggiornate con Delibera G.R. n. 17/14 del 26 aprile 2006);
- Legge 18/05/1989 n. 183 “Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo”;
- **D.M LL.PP. 11.03.1988** “Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione in applicazione della Legge 02.02.1974 n°64.
- **Circ. Min. LL.PP. n° 30483 del 24.09.1988** – Istruzioni per l’applicazione del D.M. LL.PP.11.03.1988.

### 3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Al fine di verificare la fattibilità del progetto in esame e definire al meglio il modello geologico in fase di progetto definitivo, è stato eseguito uno studio geologico, geomorfologico e idrogeologico delle aree in esame, spinte fino ad un intorno utile a definire le caratteristiche sopra menzionate.



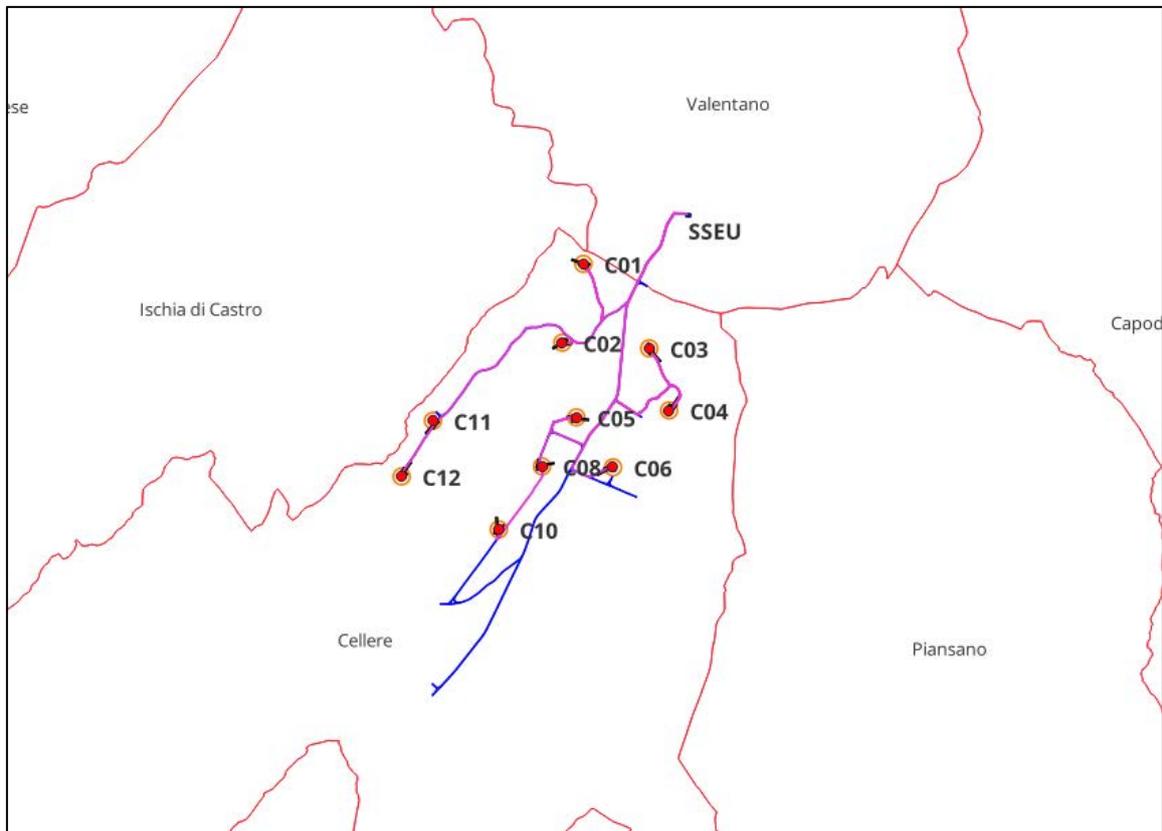
**Figura 1 - Corografia della zona in scala 1:25000**

L'area sulla quale verranno installate le turbine ricade nel Foglio 344 IV Valentano (fig.1).

L'area di intervento è individuata sulla cartografia tecnica della Regione Lazio in scala 1:10000, più precisamente all'interno delle CTR n° 344064, 344063, 344022, 344062, 344061.

Le turbine sono ubicate nel territorio comunale di Cellere (VT), con la SSEU ubicata nel territorio di Valentano (VT).

Le quote relative all'impianto eolico vanno dai 407 ai 515 m.s.l.m e si trova ubicato a NE dell'abitato di Cellere e a SO dell'abitato di Valentano, con la SR312 che passa in mezzo all'impianto, non a caso fa parte della viabilità principale per il progetto dell'impianto.



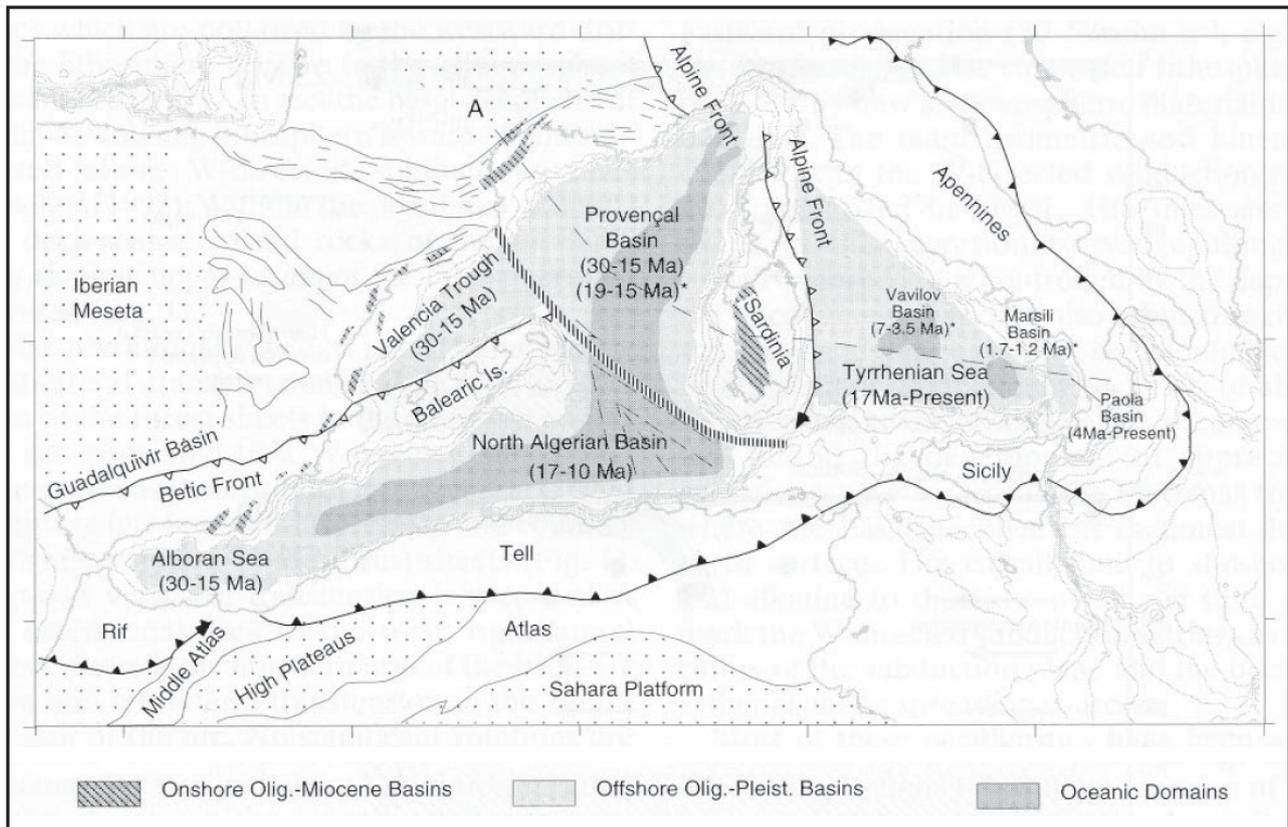
#### 4. INQUADRAMENTO STRUTTURALE

L'evoluzione geodinamica del Mediterraneo centro-occidentale, a partire dal Mesozoico, è dominata dai movimenti relativi del blocco europeo verso quello africano e dall'intensa attività magmatica connessa al ciclo orogenico alpino-appenninico.

Il magmatismo meso-cenozoico è estremamente variabile in termini di affinità seriale delle rocce che ne derivano (CONTICELLI & PECCERILLO, 1992; SERRI et alii, 2001): i termini più comuni sono rappresentati da tholeiiti di arco insulare, da prodotti calcoalcalini, calcoalcalini alti in potassio, shoshoniti potassiche e ultrapotassiche, prodotti appartenenti alla serie alcalino-sodica e c.d. lamproiti, kamafugiti e carbonatiti (SERRI, 1997; STOPPA & WOOLLEY, 1997).

Successivamente alle principali fasi di strutturazione dell'orogene alpino, la subduzione si imposta lungo l'avampaese della retrocatena, probabilmente in corrispondenza di un braccio orientale relitto della Tetide (DOGLIONI et alii, 1998;

1999a, b) corrispondente ad un prolungamento settentrionale del bacino ionico mesozoico (CATALANO et alii, 2001). In questo quadro, gli Appennini si sarebbero sviluppati principalmente dopo l'Oligocene superiore; la loro formazione è accompagnata dallo sviluppo, sempre a partire dall'Oligocene superiore, di un'area in distensione a tergo della catena come conseguenza diretta dell'arretramento verso est della placca subducente. I bacini oligo-miocenici che caratterizzano il Mediterraneo occidentale sono interpretati nel loro insieme come un sistema di retroarco a tetto della subduzione appenninico-maghebide (DOGLIONI et alii, 1999a) (Fig. 3).



## 5. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO-IDROGEOLOGICO

### 5.1 Morfologia

I processi geologici che hanno interessato la Tuscia Romana hanno lasciato in questo territorio un'impronta indelebile, producendo un paesaggio morfologico ricco di molti elementi: le colline dolci sedimentarie ed i ripiani tufacei, rilievi aguzzi

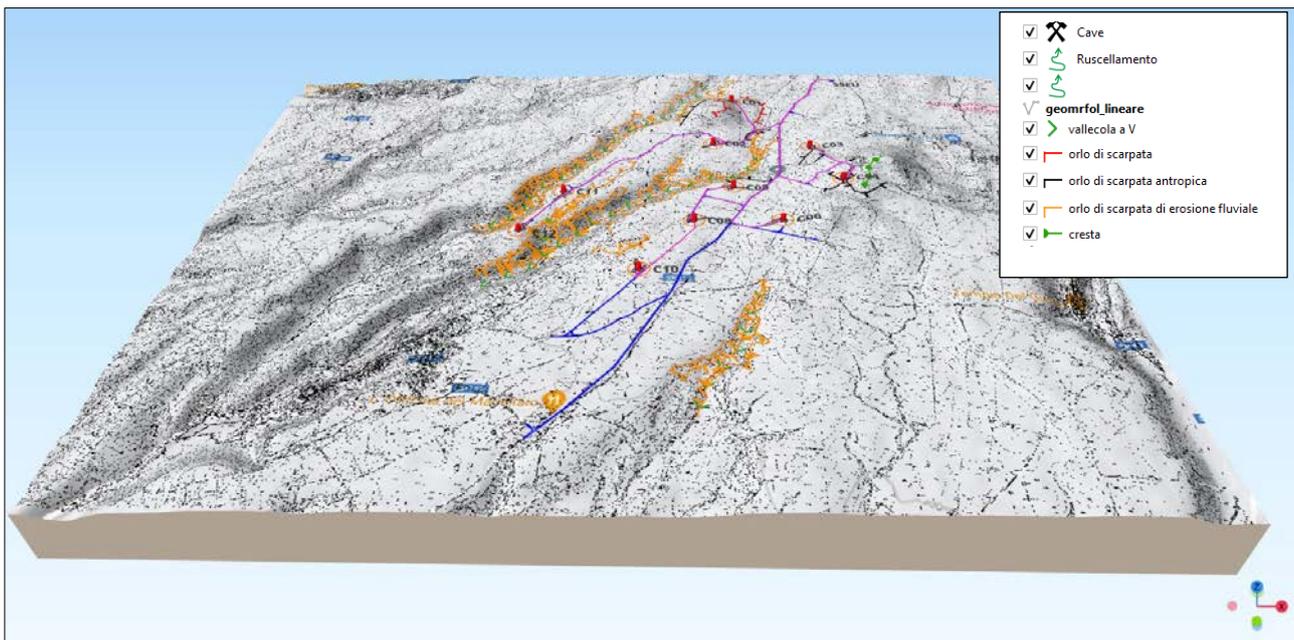
ed aspri delle lave, i laghi craterici o vulcano-tettonici di forma circolare o composta da più circonferenze che si intersecano sovrapponendosi; le forre e i corsi d'acqua a carattere torrentizio.

L'area ricade nella porzione meridionale del Distretto Vulcanico Vulsino, il più settentrionale ed esteso fra i distretti vulcanici del Lazio.

L'area vulsina si configura come un vasto tavolato, costituito in gran parte da piroclastiti e subordinatamente da lave, su cui insistono le ampie depressioni morfologiche di Latera e di Bolsena, quest'ultima occupata in parte dall'omonimo lago (305 m s.l.m.) e affiancata a SE dalla conca di Montefiascone.

Nello specifico ci troviamo in un'area collinare incisa da diversi fossi (alcuni dei quali di natura stagionale) a SO con una percentuale media del pendio intorno al 3%.

Attraverso l'uso del DTM, delle CTR e dei sopralluoghi eseguiti sono stati inseriti sulla cartografia le seguenti forme morfologiche individuate; orli di scarpata da erosione fluviale, i punti di deflusso, orli di scarpata e orli di scarpata antropica, creste, cave e vallecole a V (fig. 4).



**Figura 4 - Immagina rappresentativa delle strutture geomorfologiche presenti su base DEM**

## 5.2 Idrologia e idrogeologia

Dal punto di vista idrogeologico, si evince la presenza di numerosi compluvi a carattere stagionale che confluiscono nei principali collettori dell'area, costituiti dai Fosso Marano, Fosso Cassata, Fosso del Canestraccio e Fosso Arroncino.

L'elevato numero di corsi d'acqua evidenzia una permeabilità superficiale dei terreni sostanzialmente medio-bassa, che però tende a modificarsi repentinamente nei depositi al di sotto del piano di campagna, in relazione alla notevole eterogeneità granulometrica degli stessi.

Infatti, per quanto concerne le caratteristiche idrogeologiche dei terreni investigati, le varie litologie presentano permeabilità variabile, nello specifico:

- Le lave sono caratterizzate da una permeabilità da media a medio-alta sulla base della presenza o meno di una vasta rete di fratture e, laddove si presentano sature d'acqua, esse sono interessate da falde molto produttive;
- la permeabilità dei tufi è variabile, compresa tra bassa e media, in funzione del dominio geologico attraversato dal corso d'acqua;
- la permeabilità delle sabbie risulta media.

Osservando i dati presenti nell'archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (Legge 464/1984) si è potuto vedere che la falda si attesta intorno ai 135 m dal p.c nelle vicinanze della WTG C03 e C04 (fig. 5).

 		<b>Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale</b>			
<b>Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (Legge 464/1984)</b>					
<b>Dati generali</b>		<b>Ubicazione indicativa dell'area d'indagine</b>			
Codice: 18358 Regione: LAZIO Provincia: VITERBO Comune: CELLERE Tipologia: PERFORAZIONE Opera: POZZO PER ACQUA Profondità (m): 247,00 Quota pc slm (m): 510,00 Anno realizzazione: 2005 Numero diametri: 1 Presenza acqua: SI Portata massima (l/s): ND Portata esercizio (l/s): ND Numero falde: 1 Numero filtri: 0 Numero piezometrie: 1 Stratigrafia: SI Certificazione(*): NO Numero strati: 7 Longitudine WGS84 (dd): 11,808100 Latitudine WGS84 (dd): 42,530872 Longitudine WGS84 (dms): 11° 48' 29.17" E Latitudine WGS84 (dms): 42° 31' 51.14" N  (*):Indica la presenza di un professionista nella compilazione della stratigrafia					
<b>DIAMETRI PERFORAZIONE</b>					
Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)	
1	0,00	247,00	247,00	250	
<b>FALDE ACQUIFERE</b>					
Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)		
1	135,00	135,00	0,00		
<b>MISURE PIEZOMETRICHE</b>					
Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)	
mar/2005	150,00	ND	ND	ND	
<b>STRATIGRAFIA</b>					
Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	12,00	12,00		TUFI
2	12,00	30,00	18,00		LAVA
3	30,00	132,00	102,00		SCORIE
4	132,00	162,00	30,00		LAVA
5	162,00	173,00	11,00		TUFO
6	173,00	215,00	42,00		LAVA
7	215,00	247,00	32,00		TUFI E LAVE

**Figura 5 - pozzo nelle vicinanze della WTG C03, C04**

## 6. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Dal punto di vista geologico, il sito in esame si colloca all'interno di una vasta area dell'Alto Lazio che comprende il tratto del litorale tirrenico e l'adiacente entroterra collinare e montuoso fino al lago di Bolsena. Essa è caratterizzata dalla presenza e dalla coesistenza di diverse unità sedimentarie riconducibili a differenti paleoambienti e di rocce vulcaniche differenziate per natura petrografica e meccanismo di messa in posto. Dall'analisi della carta geologica del foglio CARG n° 344 Toscana, si evince che i litotipi interessati sono prevalentemente di origine vulcanica (FIG. 6):

### Terreno vegetale:

Rappresenta l'orizzonte superficiale dall'originario piano campagna, non sempre presente e con spessori estremamente diversificati (da pochi cm a poco più di 1 metro) derivante dall'alterazione in posto degli orizzonti superficiali delle formazioni affioranti.

### Unità di Monte di Cellere (MCKa e MCKb in carta, Pleistocene Medio):

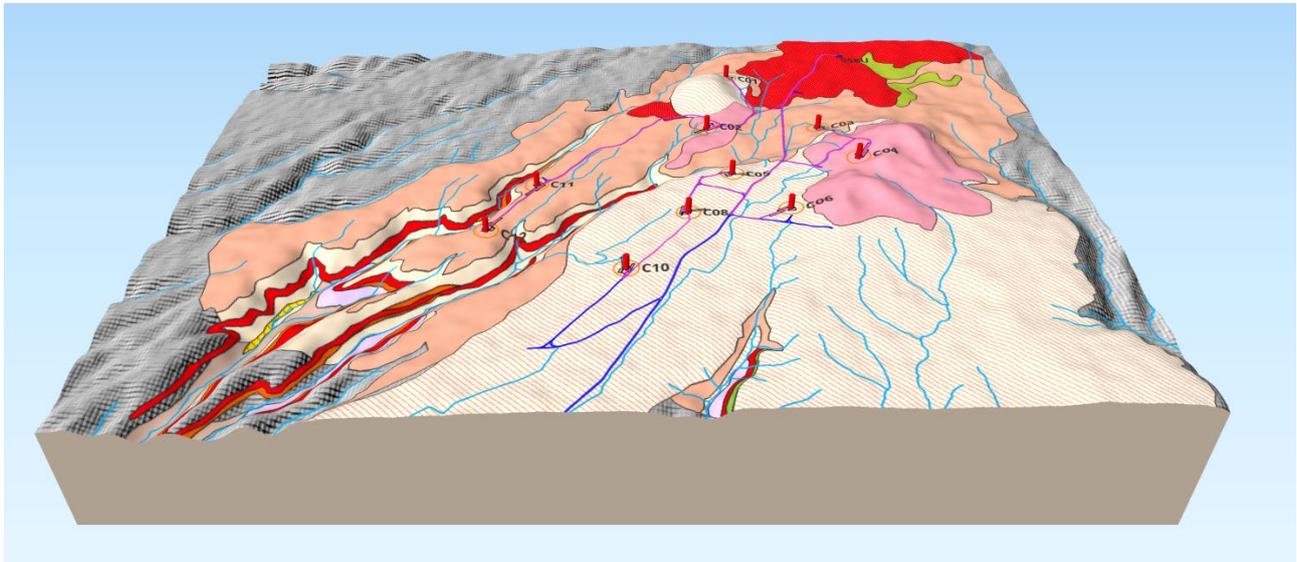
sedimenti caratterizzati da depositi di lapilli, bombe e blocchi scoriacei rosso-arancio, in bancate massive o a gradazione multipla, da caduta stromboliana, relativi ai centri eruttivi di Monte di Cellere e Monte Marano. Sono associate lave in colata grigio scure, compatte, afiriche; ove alterate assumono colore grigio chiaro, esfoliazione cipollare ed aspetto pulverulento; la composizione è trachibasaltico-shoshonitica.

**LA FORMAZIONE È INTERESSATA DALLE WTG C10, C08, C05, C06, C01, C04, C02**

### Formazione di Grotte di Castro (GRC)

La base della formazione è costituita da un livello di lapilli finisci scoriacei grigio scuri, ricco di cristalli di clinopirosseno, di spessore centimetrico, da caduta, cui segue un orizzonte di lapilli pomicei biancastri e litici lavici, a gradazione inversa-diretta, di spessore decimetrico, da caduta di tipo pliniano.

**LA FORMAZIONE È INTERESSATA DALLE WTG C03, C11, C12**



- VLN - Colata lavica grigio scura, da scoriacea a compatta, a luoghi con esfoliazione cipollare, scarsamente porfirica
- MCKa - Lave in colata grigio scure, compatte, afriche, ove alterate assumono colore grigio chiaro, esfoliazione cipollare ed aspetto pulverulento.
- MCKb - Depositi di lapilli, bombe e blocchi scoriacei rosso-arancio, in bancate massive o a gradazione multipla, da caduta stromboliana
- PZP - Ripetute alternanze di banchi da decimetrici a metrici di lapilli scoriacei grigio scuri, ben classati e gradati, con sporadici bombe e blocchi balistici
- GRC - La parte inferiore della formazione comprende un orizzonte basale di lapilli fini scoriacei grigio-scuri, a chimismo shoshonitico, passanti a lapilli pomicei biancastri da caduta pliniana
- SRK - Depositi cineritici da massivi a stratificati, da incoerenti a zeolizzati, contenenti lapilli e blocchi pomicei grigio chiari e scuri, a sanidino e sporadica leucite analcimizata, di composizione trachitico-fonolitica
- SVK - Presenta alla base un orizzonte-guida cineritico giallo pallido, di spessore decimetrico, a lapilli accrezionati, da surge piroclastico poggianti su un paleosuolo bruno ampiamente diffuso
- FNK - Deposito massivo, incoerente o debolmente coerente, da colata piroclastica a matrice cineritica grigio chiara, contenete pomici grigio chiari o scure anche decimetriche
- SZH - La porzione inferiore comprende, per uno spessore massimo di 25 m, depositi massivi, poco coerenti, da colata piroclastica, a matrice cineritica, con lapilli e blocchi pomicei grigio chiaro-rosati a cristalli millimetrici di sanidino e composizione
- CNK - Depositi cineritico-pomici, da massivi a blandamente stratificati, da grigio chiari e incoerenti a giallo-aranciati e zeolizzati, da corrente piroclastica
- LCL - Lave da grigio scure-verdognole e compatte, a grigio chiare e con esfoliazione cipollare laddove alterate, scoriacee al tetto. Superiormente lave grigio scure compatte a grado di porfiricità medio-elevata
- BRK - Alla base sono presenti un livello cineritico grossolano grigio chiaro, laminato, di spessore centimetrico, da surge, e un orizzonte di lapilli pomicei grigio chiaro-giallognolo, da caduta

**Figura 6 - Modello 3d dell'area con litologia e turbine in evidenza**

## 7. CARATTERIZZAZIONE DEL SITO SECONDO LE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI (NTC 2018)

Le opere e le componenti strutturali devono essere progettate, eseguite, collaudate e soggette a manutenzione in modo tale da consentirne la prevista utilizzazione, in forma economicamente sostenibile e con il livello di sicurezza previsto dalle presenti norme.

Vista la costruzione in oggetto, l'opera è soggetta alle considerazioni della seguente tabella, seguendo le indicazioni scritte nelle N.T.C. 2018.

<b>S.L.U. stati limite ultimi (2.1 NTC)</b>	Capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone ovvero comportare la perdita di beni, ovvero provocare gravi danni ambientali e sociali, ovvero mettere fuori servizio l'opera;
<b>VITA NOMINALE (2.4.1 NTC)</b>	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale $\geq 50$ (punto 2 della tab. <b>2.4.I NTC</b> )
<b>CLASSI D'USO (2.4.2 NTC)</b>	<b>Classe IV:</b> Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità.
<b>COEFFICIENTE <math>C_U</math> (2.4.3 NTC)</b>	2 ( <b>Tab. 2.4.II</b> )
<b>Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV): (3.2.1 NTC)</b>	A seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
<b>CONDIZIONI TOPOGRAFICHE (3.2.2 NTC)</b>	<b>T1:</b> Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ (Tabella 3.2.IV NTC)

Inoltre c'è da dire che la **verifica della sicurezza** nei confronti degli **stati limite ultimi (SLU)** di resistenza si ottiene con il “*Metodo semiprobabilistico dei Coefficienti parziali*” di sicurezza tramite l'equazione

$$Ed \leq Rd$$

con:

**Ed** = valore di progetto dell'effetto delle azioni, valutato in base ai valori di progetto nelle varie combinazioni di carico.

**Rd** = resistenza di progetto, valutata in base ai valori di progetto della resistenza dei materiali e ai valori nominali delle grandezze geometriche interessate.

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento  $V_R$  che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale  $N_V$  per il coefficiente d'uso  $C_U$ :

$$V_R = V_N \times C_U$$

## 7.1 Pericolosità sismica

Il Comune di Cellere è classificato fra i comuni sismici in zona 2b (Ordinanza del Presidente del Consiglio dei ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale del Lazio n. 387 del 22 maggio 2009, successivamente modificata con la D.G.R. n. 571 del 2 agosto 2019) ossia zona con rischio sismico medio, che può essere soggetta a scuotimenti abbastanza forti.

La sottozona 2B indica un valore di  $a_g < 0,20g$  (L' $a_g$  rappresenta l'indice di accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni).

Con l'entrata in vigore del D.M. 14/01/08 e del successivo aggiornamento del D.M. 17/01/18, la stima della pericolosità sismica viene inoltre definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente".

L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito di interesse, che è l'elemento essenziale per la determinazione dell'azione sismica.

In particolare, i caratteri del moto sismico su sito di riferimento rigido orizzontale sono descritti dalla distribuzione sul territorio nazionale del valore dell'accelerazione massima  $a_g$  al sito e dei parametri ( $F_0$  e  $T_c^*$ ), che permettono di definire gli spettri di risposta elastici per la generica probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento PVR.

Per quanto riguarda la categoria di sottosuolo, ci baseremo, anche in questo caso, su dati bibliografici e su progetti eseguiti nei dintorni dell'area in esame, in condizioni litostratigrafiche simili.

Considerando che i vari litotipi presenti ci si aspetterebbe un  $V_{s30}$  compreso tra 360 m/s e 800 m/s, considerando anche che i primi metri siano molto fratturati, per cui, in questa fase si potrebbe ipotizzare un suolo di **categoria B**:

*" Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 360 e 800 m/s (ovvero  $N_{SPT,30} > 50$  nei terreni a grana grossa e  $c_{u30} > 250$  kPa nei terreni a grana fina) "*

Queste valutazioni dovranno essere confermate in fase di progetto esecutivo con una campagna sismica atta a definire al meglio il valore di  $V_{s30eq}$  misurato e le caratteristiche sismiche dell'area in esame.

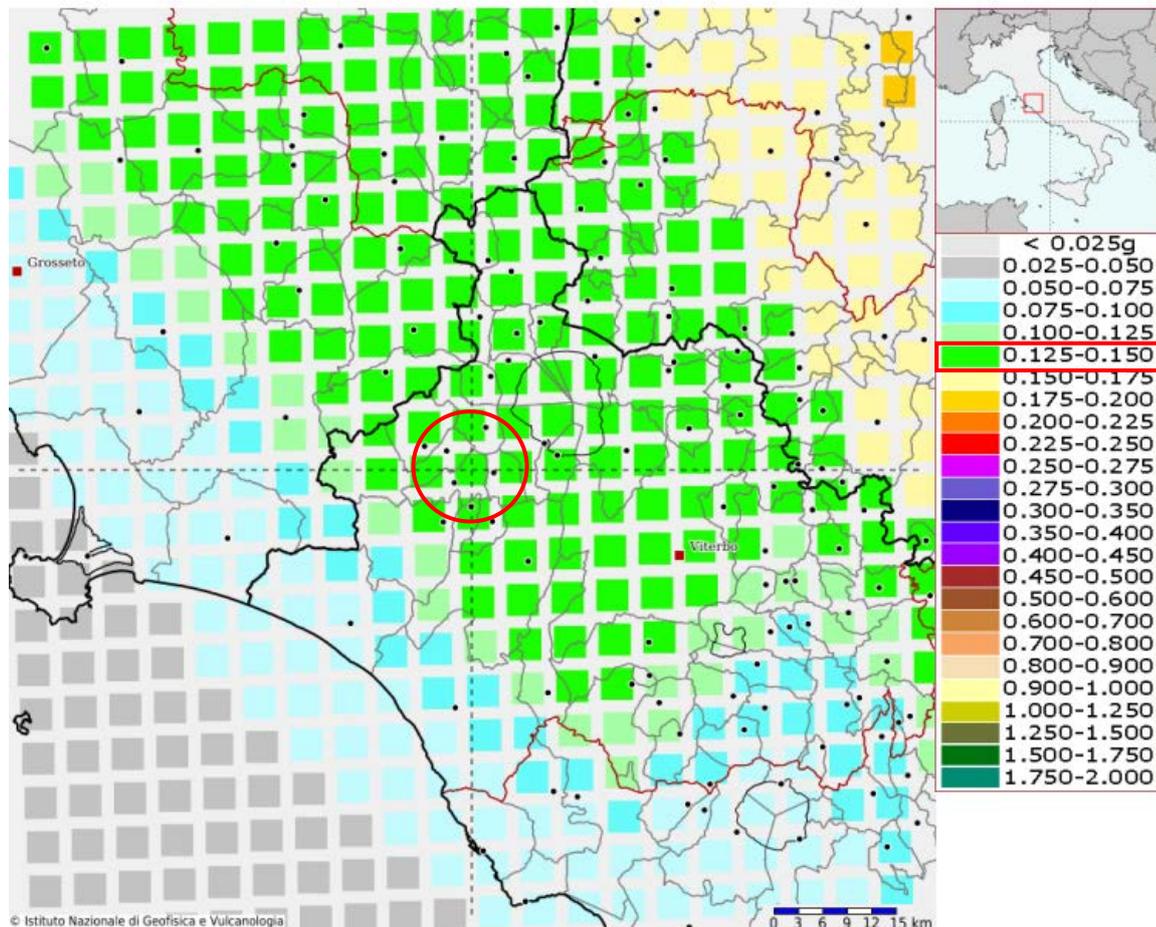
La pericolosità sismica in un generico sito deve essere descritta in modo tale da renderla compatibile con le NTC 2018, dotandola di un sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici che in termini temporali; tali condizioni possono ritenersi soddisfatte in quanto i risultati dello studio di pericolosità sono forniti:

- in termini di **valori di accelerazione orizzontale massima  $a_g$**  e dei **parametri ( $F_0$ ,  $T_c^*$  etc. )** che **permettono di definire gli spettri di risposta**, ai sensi delle NTC 2018, nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale (categ. A), in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro (la rete nazionale è definita da nodi che non distano più di 10 km);

- per **diverse probabilità di superamento** in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno TR ricadenti in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 30 e 2475 anni.

Modello di pericolosità sismica del territorio nazionale MPS04-S1 (2004)

Informazioni sul nodo con ID: 48976 - 25616 - Latitudine: 42.522 - Longitudine: 11.794



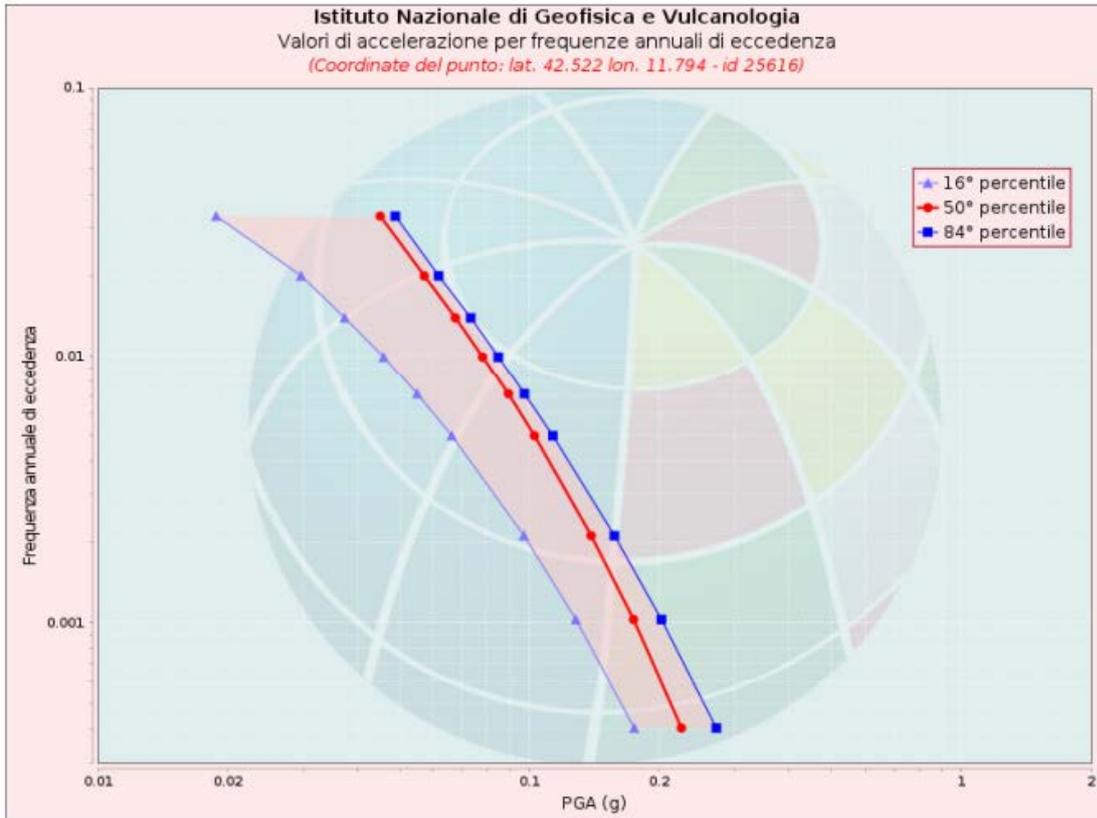
**Figura 7 - Mappa della pericolosità sismica (INGV)**

La mappa rappresenta il modello di pericolosità sismica per l'Italia e i diversi colori indicano il valore di scuotimento (PGA = Peak Ground Acceleration; accelerazione di picco del suolo, espressa in termini di g, l'accelerazione di gravità) atteso con una probabilità di eccedenza pari al 10% in 50 anni su suolo rigido (classe A, Vs30 > 800 m/s) e pianeggiante.

Le coordinate selezionate individuano un nodo della griglia di calcolo identificato con l'ID 25616 (posto al centro della mappa). Per ogni nodo della griglia sono disponibili numerosi parametri che descrivono la pericolosità sismica, riferita a diversi periodi di ritorno e diverse accelerazioni spettrali.

### Curva di pericolosità

La pericolosità è l'insieme dei valori di scuotimento (in questo caso per la PGA) per diverse frequenze annuali di eccedenza (valore inverso del periodo di ritorno). La tabella riporta i valori mostrati nel grafico, relativi al valore mediano (50mo percentile) ed incertezza, espressa attraverso il 16° e l'84° percentile.



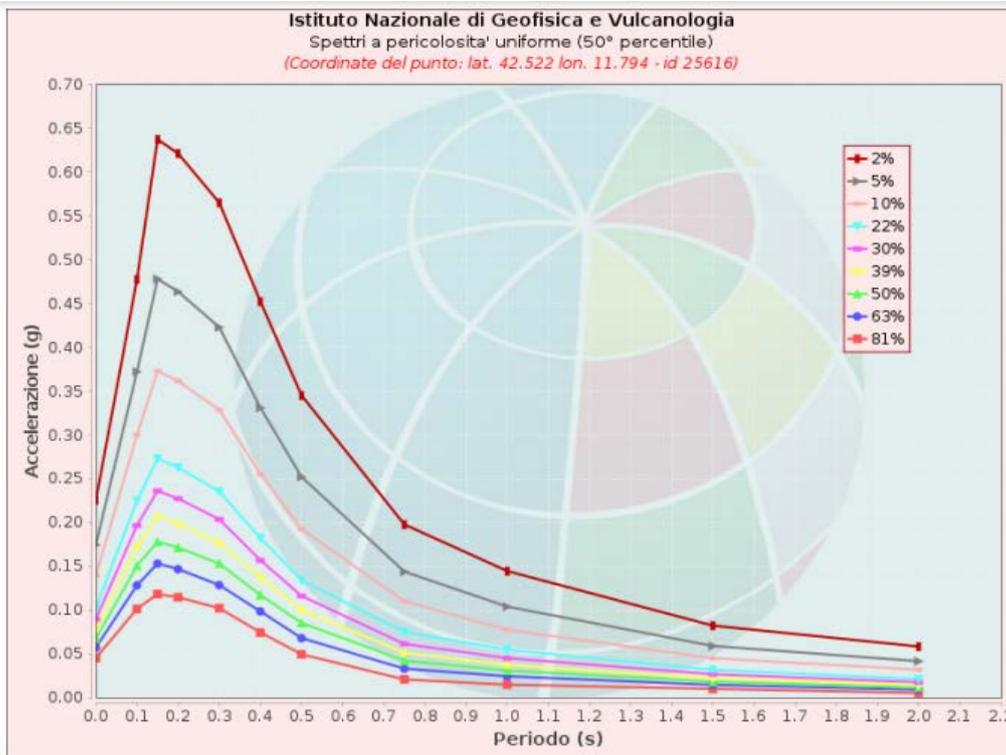
Frequenza annuale di ecc.	PGA (g)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.175	0.225	0.271
0.0010	0.128	0.175	0.202
0.0021	0.097	0.139	0.158
0.0050	0.066	0.103	0.113
0.0071	0.055	0.090	0.098
0.0099	0.046	0.078	0.085
0.0139	0.037	0.067	0.073
0.0199	0.030	0.057	0.062
0.0332	0.019	0.045	0.049

**Spettri a pericolosità uniforme**

Gli spettri indicano i valori di scuotimento calcolati per 11 periodi spettrali, compresi tra 0 e 2 secondi.

La PGA corrisponde al periodo pari a 0 secondi. Il grafico è relativo alle stime mediane (50mo percentile) proposte dal modello di pericolosità.

I diversi spettri nel grafico sono relativi a diverse probabilità di eccedenza (PoE) in 50 anni. La tabella riporta i valori mostrati nel grafico.



Spettri a pericolosità uniforme (50° percentile)											
PoE in 50 anni	Accelerazione (g)										
	Periodo (s)										
	0.0	0.1	0.15	0.2	0.3	0.4	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0
2%	0.225	0.478	0.637	0.621	0.565	0.452	0.345	0.198	0.144	0.082	0.058
5%	0.175	0.372	0.478	0.464	0.423	0.331	0.252	0.144	0.104	0.059	0.041
10%	0.139	0.300	0.373	0.362	0.329	0.255	0.192	0.110	0.077	0.045	0.032
22%	0.103	0.225	0.273	0.263	0.235	0.182	0.134	0.075	0.055	0.032	0.021
30%	0.090	0.197	0.236	0.227	0.204	0.157	0.116	0.061	0.045	0.027	0.017
39%	0.078	0.173	0.207	0.199	0.176	0.138	0.100	0.051	0.037	0.022	0.014
50%	0.067	0.150	0.178	0.171	0.153	0.117	0.085	0.042	0.031	0.018	0.012
63%	0.057	0.128	0.153	0.147	0.128	0.098	0.068	0.033	0.024	0.015	0.009

Inserendo i dati descritti in precedenza, le coordinate geografiche del sito e la cat. del suolo (B, considerando che essendo in terreni basaltici la Vs rientrerebbe nella categoria), all'interno di un applicativo della Geostru s.r.l., si ottengono gli spettri di risposta rappresentativi delle componenti (orizzontale e verticale) delle azioni sismiche di progetto per il generico sito del territorio nazionale.

Le coordinate geografiche espresse in questo file sono in ED50

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii e fondazioni

Sito in esame.

latitudine: 42,518771 [°]

longitudine: 11,789346 [°]

Classe d'uso: IV. Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Vita nominale: 50 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

#### Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	25615	42,521340	11,726180	5184,7
Sito 2	25616	42,522360	11,793980	550,9
Sito 3	25838	42,472370	11,795360	5183,1
Sito 4	25837	42,471340	11,727610	7310,0

#### Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente cu: 2

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	60	0,061	2,483	0,256
Danno (SLD)	63	101	0,077	2,472	0,263
Salvaguardia della vita (SLV)	10	949	0,172	2,505	0,284
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	1950	0,210	2,551	0,290

### Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s <sup>2</sup> ]	Beta [-]
SLO	1,200	1,440	1,000	0,015	0,007	0,722	0,200
SLD	1,200	1,440	1,000	0,019	0,009	0,908	0,200
SLV	1,200	1,410	1,000	0,050	0,025	2,028	0,240
SLC	1,190	1,410	1,000	0,070	0,035	2,456	0,280

### Spettri di risposta

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali e verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso = 5 %

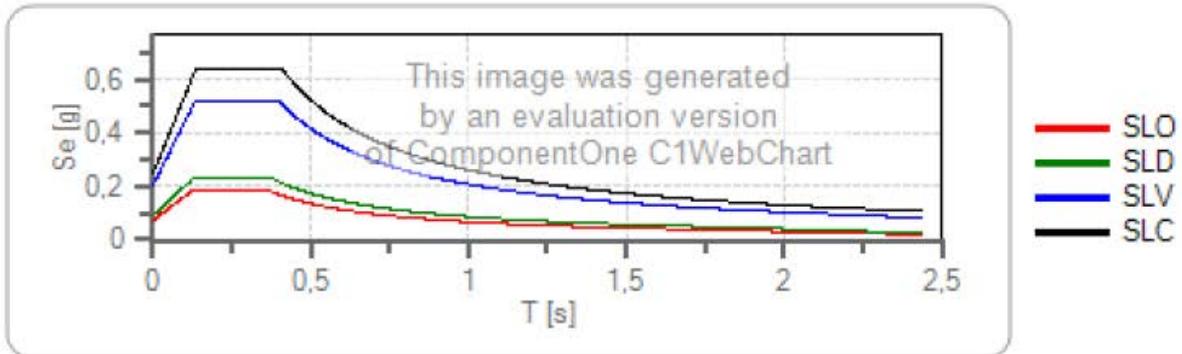
Fattore che altera lo spettro elastico = 1,000

**Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali e verticali**

Coefficiente di smorzamento viscoso = 5 %

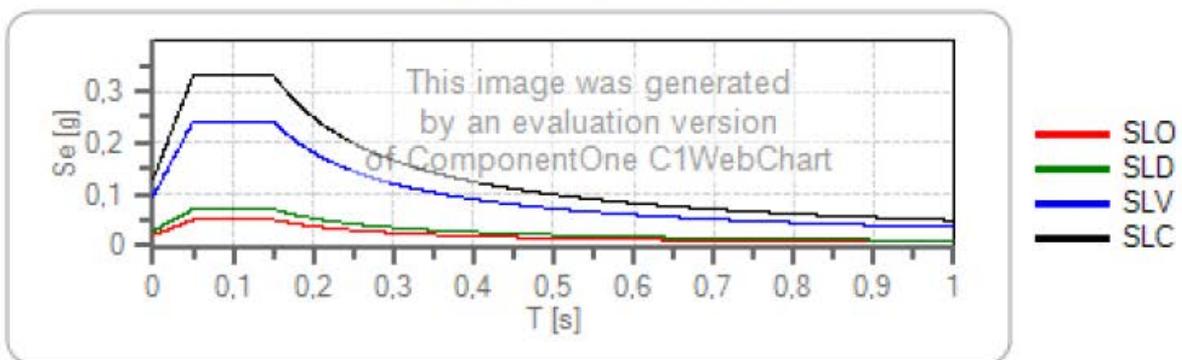
Fattore che altera lo spettro elastico = 1,000

**Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali**



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S		TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	2	0,061	2,483	0,256	1,200	1,440	1,000	1,200	1,000	0,123	0,369	1,845
SLD	2	0,077	2,472	0,263	1,200	1,440	1,000	1,200	1,000	0,126	0,379	1,909
SLV	2	0,172	2,505	0,284	1,200	1,410	1,000	1,200	1,000	0,134	0,401	2,289
SLC	2	0,210	2,551	0,290	1,190	1,410	1,000	1,190	1,000	0,136	0,408	2,442

**Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali**



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S		TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	2	0,061	2,483	0,256	1,000	1,440	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLD	2	0,077	2,472	0,263	1,000	1,440	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLV	2	0,172	2,505	0,284	1,000	1,410	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLC	2	0,210	2,551	0,290	1,000	1,410	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000

Spettro di progetto

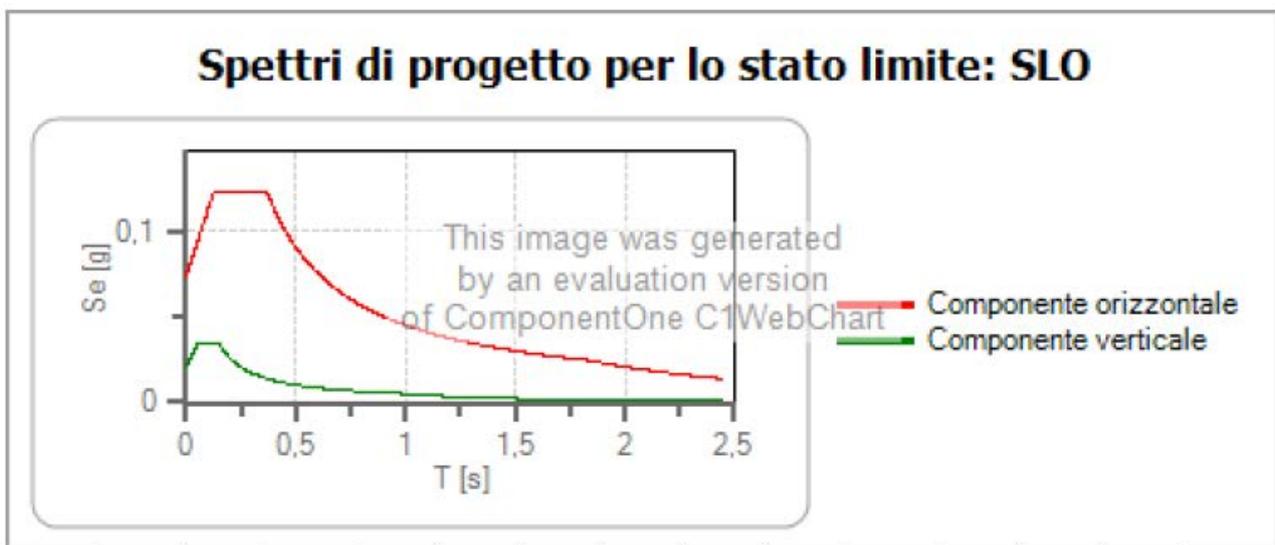
Coefficiente di struttura q per lo spettro orizzontale = 1.5

per lo spettro orizzontale = 0,667

Coefficiente di struttura q per lo spettro verticale = 1.5

per lo spettro verticale = 0,667

Stato limite: SLO



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO orizzontale	2	0,061	2,483	0,256	1,200	1,440	1,000	1,200	1,500	0,123	0,369	1,845
SLO verticale	2	0,061	2,483	0,256	1,200	1,440	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000

## 8. CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE

Nella zona oggetto di studio, dai rilevamenti eseguiti, si è potuto constatare la natura dei vari litotipi è prettamente vulcanica con alternanze di cineriti, lave e tufiti.

Non avendo eseguito indagini geognostici preliminari, ci si è basati su dati di letteratura e sulle indicazioni di indagini eseguite nelle vicinanze dell'area oggetto di studio, visionando progetti pubblicati online sulle medesime litologie.

L'assunzione di base del sistema, estendibile anche ad altri sistemi di classificazione, quali Q, RMR, SMR, è che l'ammasso si comporta in maniera isotropa.

I dati geotecnici che verranno utilizzati sono dati di letteratura ottenuti sugli stessi litotipi con caratteristiche fisiche e geomeccaniche simili.

<b>Cineriti e tufiti</b>			
$\gamma =$	<b>1,8 – 2,00</b>	<b>T/m<sup>3</sup></b>	<b>Peso di volume</b>
$\phi' =$	<b>28-32</b>	<b>°</b>	<b>(angolo di attrito)</b>
<b>C' =</b>	<b>0</b>	<b>Kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>(coesione)</b>
<b>E =</b>	<b>5000-12000</b>	<b>Kpa</b>	<b>(modulo di deformazione)</b>

<b>Lave</b>			
$\gamma =$	<b>2,0 – 2,2</b>	<b>T/m<sup>3</sup></b>	<b>Peso di volume</b>
$\phi' =$	<b>36-40</b>	<b>°</b>	<b>(angolo di attrito)</b>
<b>C' =</b>	<b>0</b>	<b>Kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>(coesione)</b>
$\sigma =$	<b>30000-50000</b>	<b>Kpa</b>	<b>(modulo di compressione)</b>

Questi dati dovranno essere implementati e confermati attraverso indagini geognostiche ad hoc in una fase successiva per soddisfare a pieno il concetto di modello geotecnico indicato nelle NTC 2018, per cui è necessario integrare questi dati.

## 9. PIANO DI INDAGINI PREVISTO

Per definire il modello geologico e geotecnico del crinale sul quale sorgeranno le turbine, secondo la normativa vigente, occorrono indagini mirate ed esaustive in un intorno utile a caratterizzare la zona.

La normativa a cui si dovrà fare riferimento è la seguente:

- norme tecniche per le costruzioni (NTC 2018)
- Ordinanza del Consiglio dei Ministri OPCM n. 3274 del 20 Marzo 2003 (G.U. n. 105 del 8/05/2003)
- Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, quale vigente al 20 febbraio 2013
- Linee guida ISPRA
- Eurocodici 7 e 8
- Raccomandazioni A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana)
- Norme CNR-UNI (Consiglio Nazionale delle Ricerche – Ente Italiano di Unificazione) ISO Standards.
- ANISIG Modalità Tecnologiche e norme di misurazione e contabilizzazione per l'esecuzione di lavori di indagini geognostiche.
- Raccomandazioni ISMR (International Society for Rock Mechanics)
- Norme ASTM (American Society to Testing and Materials)

	<p align="center"><b>PARCO EOLICO DI "CELLERE"</b></p> <p align="center">RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA</p>	 Ingegneria & Innovazione		
		24/02/2022	REV: 1	Pag.23

La campagna geognostica ha lo scopo di:

- A. Ricostruire in 3D la successione stratigrafica per il Modello Geologico di Riferimento (MGR);
- B. ricostruire nell'ambito del Volume significativo, mediante parametrizzazione, l'assetto geotecnico per la definizione del Modello Geotecnico;
- C. ricostruire l'andamento della falda;
- D. effettuare la Modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base del sito di costruzione, per la determinazione delle azioni sismiche.

Per definire l'azione sismica di progetto si deve poi valutare l'effetto della risposta sismica locale (RSL), facendo riferimento al volume significativo sismico, ossia a quella porzione di sottosuolo compresa tra il piano campagna ed il basamento rigido da cui parte il moto sismico.

#### **Sondaggi geognostici:**

È richiesto il numero minimo di due sondaggi per ogni turbina della profondità minima di 10 m, eseguiti "a rotazione, con carotaggio continuo" utilizzando un carotiere semplice o doppio, a seconda della natura del terreno.

Le carote dovranno essere riposte nelle apposite cassette catalogatrici, atte alla loro conservazione, ove saranno riportati, in modo indelebile, il numero del sondaggio e la profondità di riferimento.

Le cassette dovranno essere fotografate e le foto dovranno essere allegate nella relazione illustrativa finale a cura del geologo.

I sondaggi dovranno essere ubicati sulle planimetrie e la stratigrafia del terreno attraversato, dovrà essere corredata da:

- elementi relativi ai campionamenti ed alle prove "in situ";
- descrizione approssimata dei singoli strati;
- quota campioni prelevati;
- quota falda;
- RQD (se il litotipo attraversato lo permette);
- percentuale di carotaggio;
- foto cassetta e ubicazione.

Per ognuno dei sondaggi previsti si dovranno prelevare minimo 2 campioni per poterli fare analizzare e ricavarne i dati geotecnici necessari.

In funzione dei terreni indagati dovranno essere previste delle prove penetrometriche S.P.T. (Standard Penetration Test), nelle formazioni a comportamento non coesivo, in modo da ottenere dati sufficienti relativamente al volume di terreno significativo per la realizzazione dell'opera.

Analisi di laboratorio:

I campioni, che si suppone siano tutti rimaneggiati o a disturbo limitato, saranno analizzati per restituire i parametri geotecnici necessari per il calcolo fondazionale.

Saranno quindi ricavati i seguenti dati:

- granulometria;
- limiti di atterberg;
- peso di volume;
- angolo di attrito;
- coesione;
- prove di taglio diretto;
- resistenza alla compressione monoassiale;
- modulo di young dinamico o di elasticità;
- modulo di young statico o di elasticità;

Indagini geofisiche:

L'influenza del profilo stratigrafico sulla RSL (risposta sismica locale) viene valutata con riferimento alle 7 categorie del profilo stratigrafico del sottosuolo di fondazione, definite dalle NTC di cui al D.M. 17-01-2018, in relazione alle caratteristiche geofisiche e geotecniche del sottosuolo.

In particolare, il parametro da considerare è rappresentato dalla velocità media equivalente ( $V_{s30}$ ) delle onde di taglio nei primi 30 metri di profondità a partire dal piano di imposta delle fondazioni.

Per cui dovranno essere eseguite:

- 2/3 indagini down hole della profondità di 30 m da realizzare in punti strategici per la copertura delle aree occupate dal layout.
- Minimo 5 indagini Masw da eseguire nelle aree dove sono evidenziate cambiamenti di litologia o condizioni geomorfologiche particolari.
- Indagine RSL (risposta sismica locale) per ognuna delle turbine in oggetto.

Le indagini sopra descritte saranno realizzate da ditte e/o professionisti specializzati per garantire qualità e professionalità.

I sondaggi dovranno essere seguiti da un geologo professionista, per la redazione dei report delle indagini e la certificazione delle stratigrafie ottenute.

## 9.1 Risultati delle indagini

I risultati delle indagini e delle prove effettuate dovranno essere riportati integralmente in un apposito elaborato, completo di tabelle e grafici dei risultati originali delle prove in sito ed in laboratorio. Dovranno essere prodotte la Relazione geologica e la Relazione geotecnica (conformemente al disposto del D.M. 11 marzo 1988)

**1. Relazione Geologica e la Relazione sulle Indagini**, a firma di un tecnico abilitato, con all'interno i seguenti elaborati grafici:

- ✓ inquadramento geologico generale alla scala dello strumento urbanistico con eventuale sezione geologica esplicativa;
- ✓ carta geomorfologia con rappresentazione dei processi morfologici in atto e/o potenziali;
- ✓ carta geologica-geotecnica di dettaglio in scala 1:500-1:2000 con ubicazione delle prove in sito effettuate;
- ✓ sezione/i significativa/e geologico-geotecnica/che di dettaglio in scala opportuna (1:100-1:500) contenente la ricostruzione stratigrafica in base alle indagini ad hoc od esistenti.

**2. Relazione Geotecnica**, a firma di tecnico abilitato, deve fare esplicito riferimento alla relazione geologica e viceversa, che illustri i risultati delle prove eseguite ed i dati raccolti, indicando chiaramente le caratteristiche fisiche e meccaniche di interesse geotecnico degli strati interessati, finalizzate alla scelta tipologica ed al calcolo delle fondazioni del fabbricato e comunque degli elementi costruttivi che si intendono realizzare.

La Relazione Geotecnica, dovrà contenere di norma i seguenti elaborati:

- ✓ planimetria con ubicazione delle indagini, a scala del progetto;
- ✓ documentazione ed elaborazione delle prove in sito e delle analisi di laboratorio;
- ✓ caratterizzazione litologica-geotecnica del terreno di fondazione ed acquisizione dei parametri necessari per la scelta ed il dimensionamento delle fondazioni e per la previsione dei cedimenti;
- ✓ valutazione della permeabilità dei terreni, localizzazione della/e falda/e idrica/che, escursione del livello piezometrico;
- ✓ metodologie di scavo delle fondazioni, stabilità dei fronti di scavo;
- ✓ sistemi di drenaggio degli scavi e relativo dimensionamento;
- ✓ capacità portante ultima del terreno per fondazioni superficiali;

- ✓ valutazione della costante di sottofondo  $K_r$  per il dimensionamento delle opere di fondazione superficiali su terreno elastico alla Winkler, in relazione alla larghezza della fondazione stessa;
- ✓ risultato della  $V_{s30}$  o in alternativa della  $N_{spt}$  (per terreni granulari) e del valore di  $C_u$  (per terreni coesivi), al fine di identificare la categoria del suolo di fondazione così come prescritto dal D.M. 14/01/2008 – “Norme tecniche per le costruzioni”;
- ✓ Verifica della suscettibilità di eventuale liquefazione dei depositi sabbiosi.

## 10. PERICOLOSITA' GEOLOGICA E IDRAULICA

Per pericolosità geologica s'intende il complesso di fenomeni geologici, (morfologici, tettonici, idrogeologici, sismici, ecc..) la cui evoluzione induce un rischio o un danno per l'ambiente antropico.

Ne deriva che, a parità di fenomeno che induce il rischio, la pericolosità è anche funzione dell'ambiente in cui essa si sviluppa: in aree molto antropizzate (alta densità abitativa), il rischio assume valori massimi, mentre in aree non antropizzate (scarsa densità abitativa), lo stesso fenomeno acquista pericolosità bassa o, addirittura, nulla.

La pericolosità geologica può incidere sul territorio con rischi diretti, come ad esempio, nel caso di fenomeni franosi in aree antropizzate, o con rischi indiretti, quali quelli provocati dall'inquinamento delle falde idriche, che costituiscono un pericolo per la salute pubblica.

### 10.1 Carte rischi e pericolosità PAI

In virtù di quanto detto sopra e osservando la cartografia PAI, visionata e utilizzata scaricando i dati dal sito <http://www.pcn.minambiente.it/mattm/servizi-ogc/>.

#### Pericolosità geomorfologica:

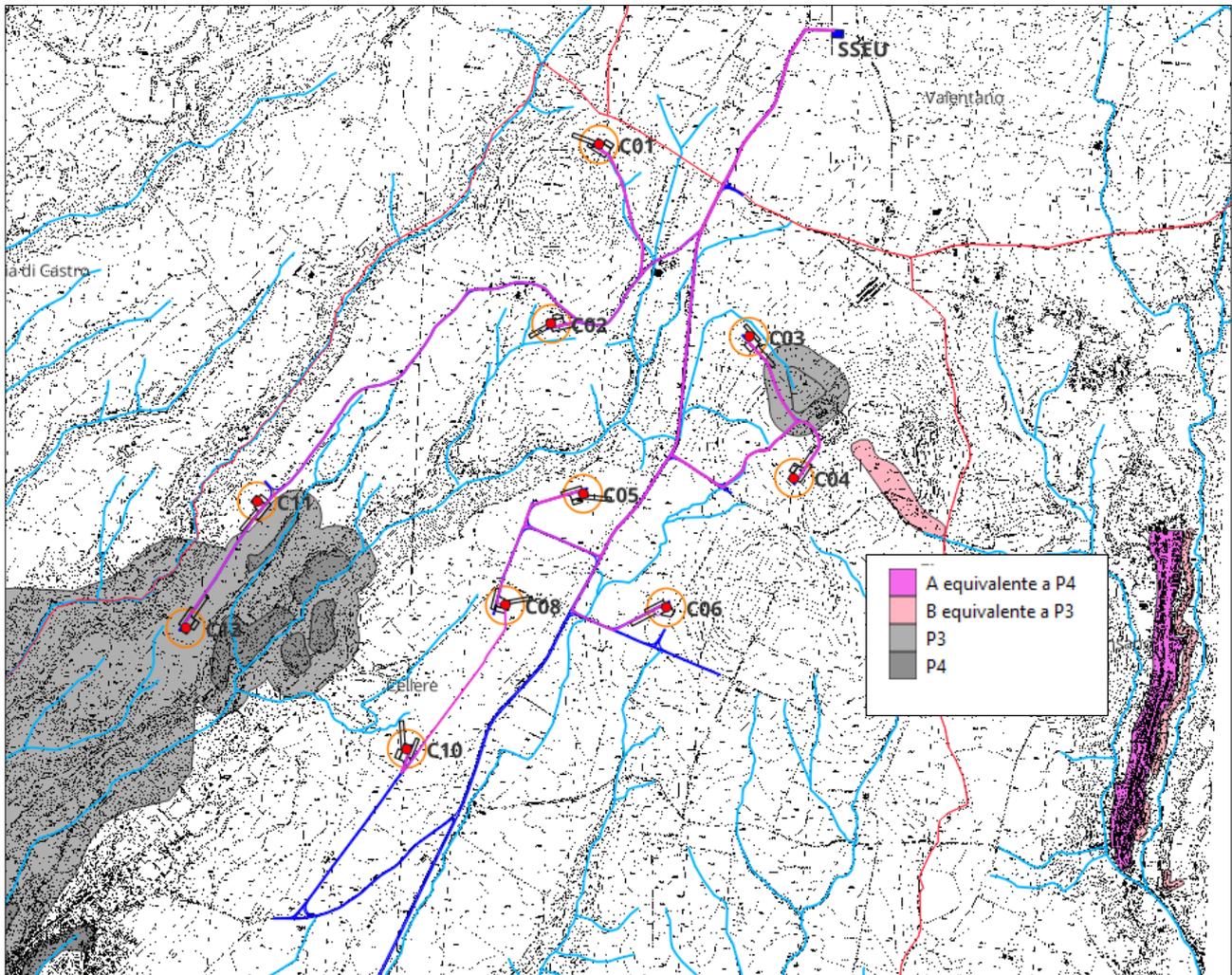
l'area risulta stabile per la maggior parte degli aerogeneratori tranne che per la WTG C12 e la relativa viabilità che ricadono all'interno di un'area a pericolosità B equivalente a P3.



Su quest'area in fase esecutiva, se l'ente preposto lo richiederà, saranno realizzati delle indagini ad hoc per studiare l'area e stabilire se la stessa è stabile o meno.

Una parte della viabilità dalla WTG C04 a C03 rientra in area a pericolosità P3 ma dalle ricognizioni sul campo e da un'analisi delle ortofoto non sembrano sussistere forme di dissesto, per cui anche in questo caso sarà eseguito uno studio approfondito qualora l'ente preposto lo richiedesse.

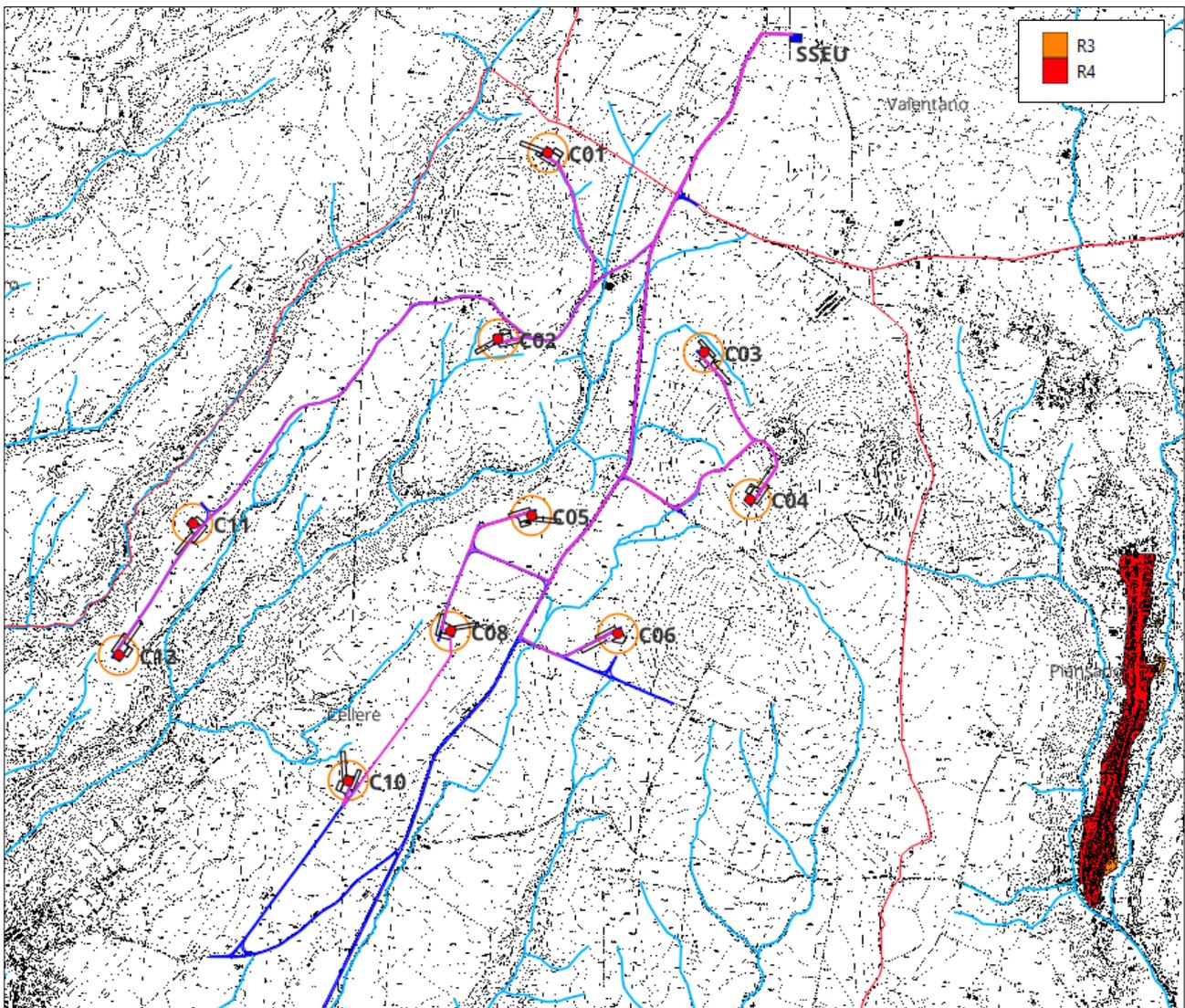
Per quanto riguarda il cavidotto, è stato progettato seguendo la viabilità esistente e pur attraversando aree in dissesto non sussistono problemi sulla realizzazione anche perché è previsto che sia interrato.



**Figura 8 – stralcio cartografia PAI della pericolosità geomorfologica**

**Rischio geomorfologico:**

Dal punto di vista del rischio geomorfologico l'area risulta stabile, infatti non sono presenti aree vincolate all'interno del sito.



**Figura 9 - cartografia PAI della pericolosità geomorfologica**

### Pericolosità e rischio idraulico:

L'area è scevra da pericolosità e rischio idraulico.

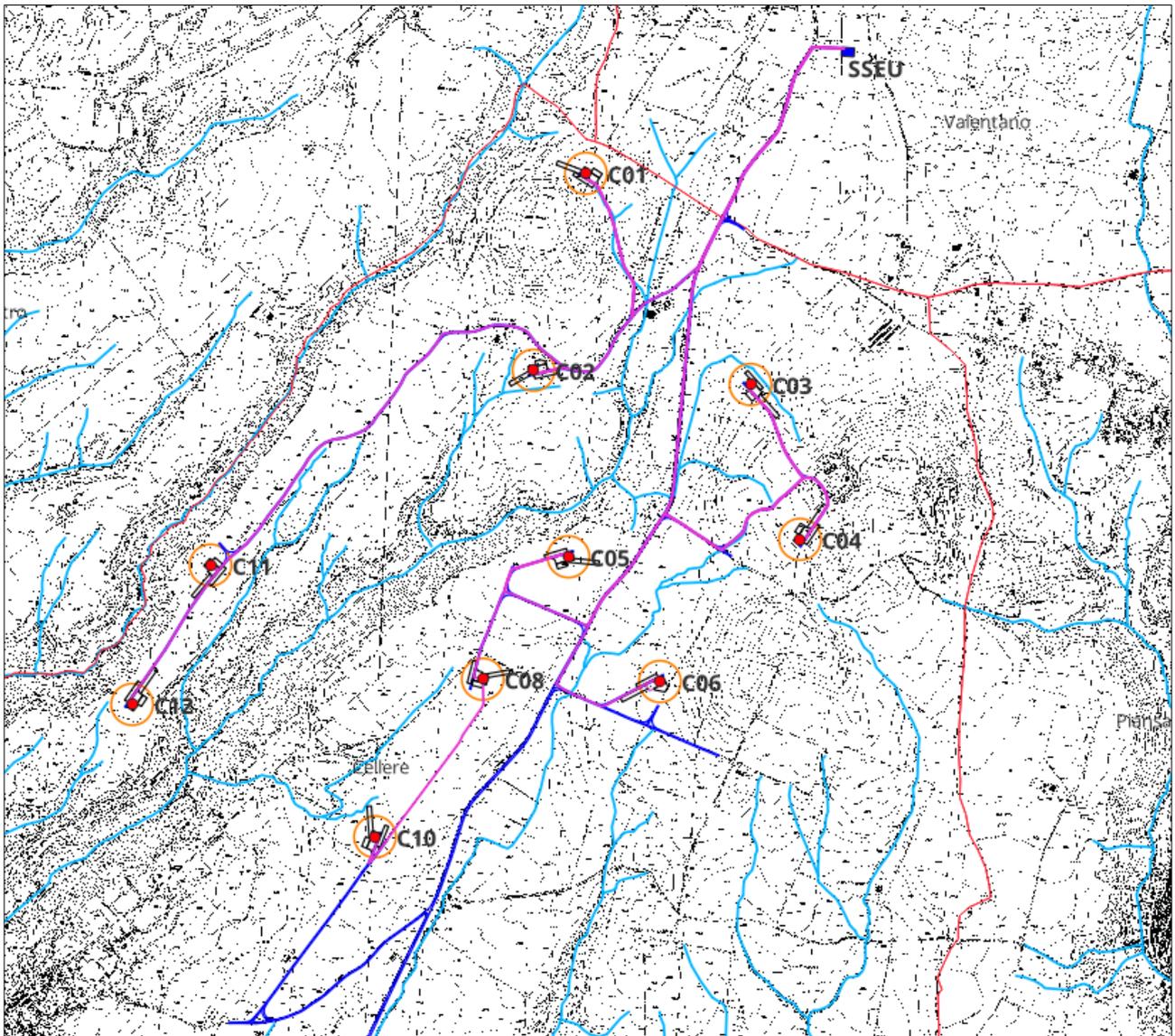


Figura 10 - cartografia PAI della pericolosità idraulica

**Aree a rischio di vulnerabilità delle falde idriche:**

	<p style="text-align: center;"><b>PARCO EOLICO DI "CELLERE"</b></p> <p style="text-align: center;">RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA</p>	 Ingegneria & Innovazione		
		24/02/2022	REV: 1	Pag.31

La falda si aggira intorno ai 90 m di profondità, per cui, visto anche l'opera in progetto non sussistono rischi per un eventuale inquinamento della falda.

**Vie preferenziali di drenaggio:**

Nell'area sono presenti diversi impluvi dai quali scorrono acque a carattere torrentizio, e considerando la litologia presente, il parco eolico in progetto non recherebbe nessun problema o barriera, alle vie di drenaggio superficiali presenti.

**11. CONSIDERAZIONE SULLA VIABILITA' E LE PIAZZOLE IN PROGETTO**

**11.1 Piazzole e rilevati**

L'esecuzione dei corpi di rilevato e delle soprastrutture (ossatura di sottofondo) per strade e per le piazzole di alloggiamento degli aerogeneratori deve avvenire coerentemente ai disegni ed alle prescrizioni di progetto.

È richiesta particolare attenzione nella preliminare "gradonatura" dei piani di posa, nella profilatura esterna dei rilevati e nella conformazione planimetrica delle soprastrutture, specie nelle piazzole.

Ove queste ultime si posano su sottofondo ottenuto mediante scavo di sbancamento, allorché la compattazione del terreno in sito non raggiunge il valore prefissato si deve provvedere alla bonifica del sottofondo stesso mediante sostituzione di materiale.

I materiali da utilizzare per la formazione dei rilevati delle strade e, o delle piazzole dovranno appartenere alle categorie A1, A2.1, A2.2, A2.3, A2.4, A2.5, A3 secondo la classificazione della norma UNI CNR 10006:2002.

**Tabella 1.1 Classificazione delle terre secondo la norma UNI-CNR 10006.**

Classificazione Generale	Terre ghiaio-sabbiose Frazione passante allo staccio 0,075 UNI 2332 ≤ 35%						Terre limo-argillose Frazione passante allo staccio 0,075 UNI 2332 > 35%					Torbe e terre organiche palustri	
	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7		A8
Gruppo	A 1-a	A 1-b		A 2-4	A 2-5	A 2-6	A 2-7				A 7-5	A 7-6	
Sottogruppo													
Analisi granulometrica													
Frazione passante allo Staccio													
2 UNI 2332 %	≤ 50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,4 UNI 2332 %	≤ 30	≤ 50	> 50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,075 UNI 2332 %	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	> 35	> 35	> 35	> 35	> 35	> 35
Caratteristiche della frazione passante allo staccio 0,4 UNI 2332													
Limite liquido	-	-	≤ 40	> 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	> 40	> 40
Indice di plasticità	≤ 6	N.P.	≤ 10	≤ 10 max	≤ 10	> 10	> 10	≤ 10	≤ 10	> 10	> 10 (P<sub>L10</sub>)	> 10 (P<sub>L10</sub>)	> 10
Indice di gruppo	0		0	0			≤ 4	≤ 8	≤ 12	≤ 16	≤ 20		

Un parametro per caratterizzare la portanza del sottofondo è il “modulo resiliente” MR di progetto, valutabile sulla base di prove sperimentali; la scelta di tale parametro è dettata, come riportato dal Bollettino CNR n. 178, dal fatto che esso meglio rappresenta il comportamento del sottofondo, in quanto consente di tener conto anche della componente viscosa reversibile della deformazione.

Tale valore può ricavarsi da prove sperimentali o da correlazioni teorico-sperimentali tra l'indice di portanza CBR ed il modulo di reazione k.

Il metodo di dimensionamento, ed in questo caso di verifica delle pavimentazioni stradali utilizzato, prevede tre categorie di terreno di sottofondo di buona, media e scarsa portanza rappresentate dai valori del modulo resiliente MR riportati nella tabella seguente:

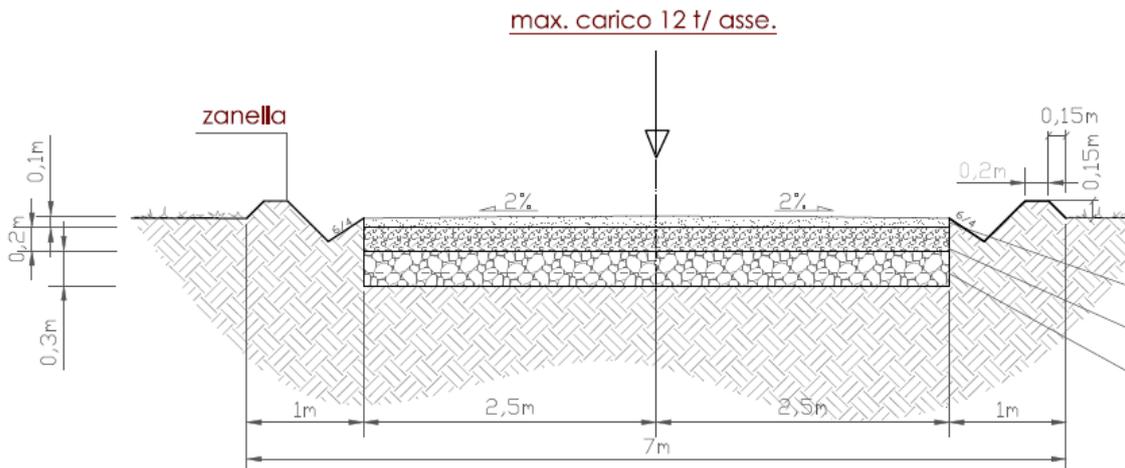
<b>modulo resiliente del sottofondo</b>	<b>Indice CBR</b>	<b>Modulo di reazione</b>
$M_R = 150 \text{ N/mm}^2$	CBR = 15%	$k = 100 \text{ [kPa/mm]}$
$M_R = 90 \text{ N/mm}^2$	CBR = 9%	$k = 60 \text{ [kPa/mm]}$
$M_R = 30 \text{ N/mm}^2$	CBR = 3%	$k = 20 \text{ [kPa/mm]}$

Per soddisfare queste caratteristiche, potrebbe essere usato come sottofondo il materiale di risulta ottenuto dallo scavo delle fondazioni delle turbine.

Per quanto riguarda invece la parte della sovrastruttura dovranno essere scavate e rimosse le terre presenti (non idonee) fino alla quota di posa prevista negli elaborati grafici.

Successivamente verranno realizzati la massiciata e il sottofondo stradale mediante riporti con materiale di cava per uno spessore complessivo di 30-40 cm.

La profondità del piano di posa è di 60 cm sopra il quale verranno posizionati 3 strati di materiale descritti nella sezione seguente in progetto.



## 11.2 Viabilità esterna

Tra le specifiche dettate dal Committente dell'opera riveste un ruolo importante la volontà di preservare l'“*habitus naturale*” mediante l'adozione di tutte le possibili tecniche di bioingegneria ambientale.

Tali interventi di ingegneria naturalistica, intrapresi per la salvaguardia del territorio, dovranno avere lo scopo di:

- intercettare i fenomeni di ruscellamento incontrollato che si verificano sui versanti per mancata regimazione delle acque;
- ridurre i fenomeni di erosione e di instabilità dei versanti;
- regimare in modo corretto le acque su strade, piste e sentieri;
- ridurre il più possibile l'impermeabilizzazione dei suoli creando e mantenendo spazi verdi e diffondendo l'impiego della vegetazione nella sistemazione del territorio.

Pertanto, si prevede l'utilizzo del materiale vegetale vivo e del legname come materiale da costruzione, in abbinamento in taluni casi con materiali inerti come pietrame.

Nell'area di intervento non sono previste opere di bioingegneria per la stabilità di versanti, in quanto essendo terreni rocciosi non sono previsti possibili dissesti.

Per quanto riguarda la viabilità esterna, è possibile ritrovarsi versanti che hanno bisogno di interventi per migliorarne la sicurezza.

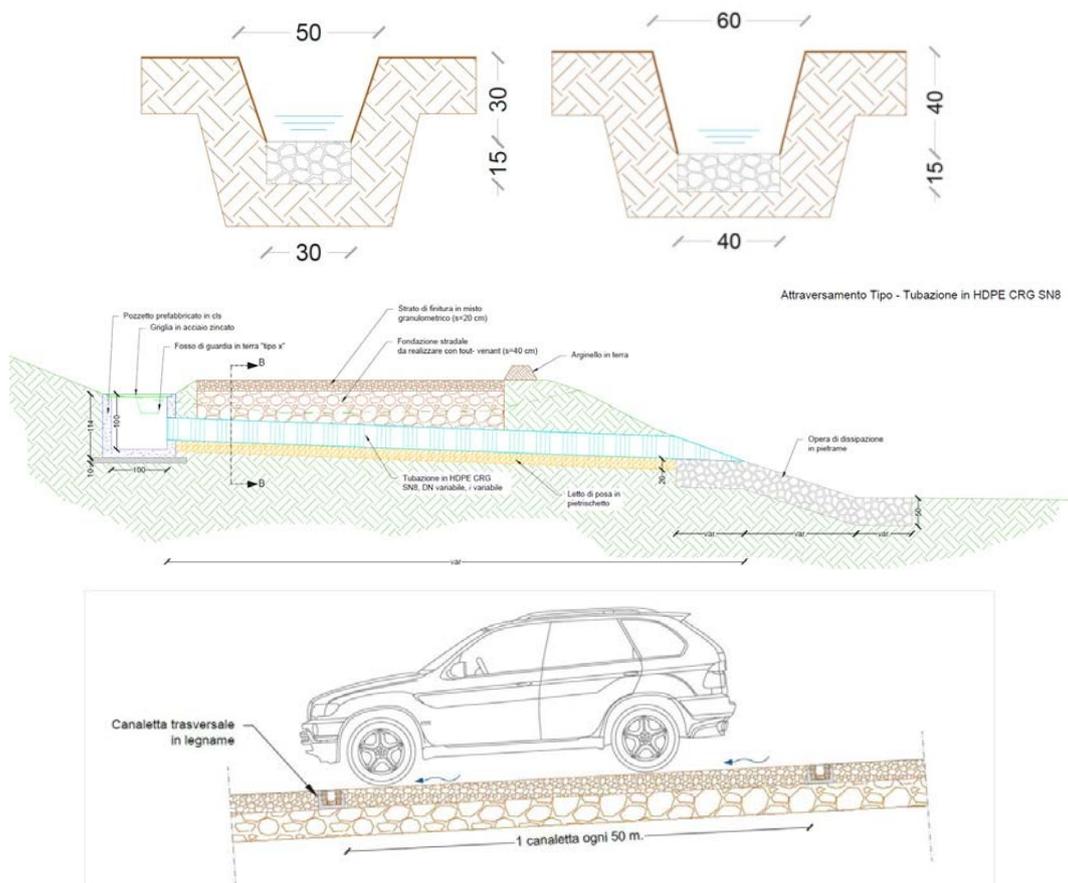
In fase esecutiva verrà analizzato lo stato di fatto dei punti ritenuti critici e sarà individuata la soluzione migliore da attuare, caso per caso.

## 12. OPERE IDRAULICHE

La durabilità delle strade e delle piazzole di un parco eolico è garantita da un efficace sistema idraulico di allontanamento e drenaggio delle acque meteoriche.

La viabilità esistente sarà interessata da un'analisi dello stato di consistenza delle opere idrauliche già presenti: laddove necessario, tali opere idrauliche verranno ripristinate e/o riprogettate per garantire la corretta raccolta ed allontanamento delle acque defluenti dalla sede stradale, dalle piazzole o dalle superfici circostanti.

In fase di esecuzione, così come per le opere di bioingegneria, saranno scelte le opere migliori per il drenaggio delle acque meteoriche, come ad esempio:



### 13. SOTTOSTAZIONE

L'energia prodotta dalle turbine confluirà SSEU", nel territorio di Valentano, qui il territorio si mostra sempre perlopiù pianeggiante con terreni efferenti ai **Tufi di Poggio Pinzo (PZP) Successione piroclastica costituita da banchi di lapilli scoriacei in genere di colore grigio scuro, ben classati e gradati, con sporadici bombe e blocchi balistici, da caduta stromboliana, dello spessore da decimetrico a metrico, alternati ripetutamente a depositi cineritici, con lapilli juvenili grigio scuri scarsamente vescicolati e litici di natura lavica e sedimentaria, da poco coerenti a consolidati, di spessore da decimetrico a metrico, mostrandoti la tipica associazione di facies dei surge piroclastici idromagmatici.**

## CONCLUSIONI

Al fine di dare un giudizio sulla fattibilità del progetto in oggetto e definire le condizioni per realizzare al meglio il modello geologico e geotecnico in ottemperanza alle NTC 2018, in fase di esecuzione è stato eseguito uno studio geologico, geomorfologico delle aree in esame.

Dopo aver eseguito rilievi geologici in loco e aver visionato i dati geognostici di letteratura si può asserire che: **Geomorfologicamente** il sito non presenta criticità, presenta un andamento digradante verso SO con una percentuale medio del 3%.

Sono presenti diverse incisioni che morfologicamente hanno una geometria a V, favorite dall'erosione dei litotipi presenti che sono per lo più prodotti da materiale vulcanico esplosivo come lapilli e bombe vulcaniche. Dal punto di vista **idrogeologico**, la falda rilevata nell'escavazione di pozzi nelle vicinanze (vedi paragrafo 5.2.) si attesta intorno ai 130 m.

Visto l'opera in oggetto, non c'è alcun rischio di inquinamento della falda, per cui non sussistono vincoli di sorta alla realizzazione del parco.

**Idraulicamente** la zona è caratterizzata da quattro incisioni più importanti costituiti dai Fosso Marano, Fosso Cassata, Fosso del Canestraccio e Fosso Arroncino.

Si tratta di incisioni abbastanza profonde nei dintorni di Cellere che trasportano acque a carattere torrentizio che si riversano a valle nel fiume Fiora.

Idraulicamente, dunque, l'area si presenta stabile.

**Geologicamente** l'area è caratterizzata da prodotti vulcanici del complesso del Vulsino, caratterizzato da cineriti, tufiti e lave.

Dai rilievi geologici eseguiti si è constatato che i primi decimetri sono caratterizzati da terreno agrario, con una varietà litologica nei diversi punti dove sono ubicate le WTG come descritto nel capitolo 6.

**Sismicamente** ci troviamo in zone a sismicità bassa con accelerazioni sismiche descritte nella tabella successiva.

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	60	0,061	2,483	0,256
Danno (SLD)	63	101	0,077	2,472	0,263
Salvaguardia della vita (SLV)	10	949	0,172	2,505	0,284
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	1950	0,210	2,551	0,290

Dai dati di letteratura e visionando i progetti pubblicati su internet nei dintorni dell'area ci dovremmo trovare di fronte a suoli di categoria B.

Per ottemperare alle NTC 2018 questi dati verranno implementati con indagini sismiche mirate in fase di esecutiva, nel quale non dovranno mancare le indagini MASW, Dohn Hole e RSL per ogni turbina in modo da misurare la risonanza del suolo ed evitare che vi sia il fenomeno della doppia risonanza che causerebbe seri problemi strutturali alle turbine.

Il numero di suddette indagini sarà definito in fase di esecuzione, in modo da avere un quadro sicuro e completo.

**Geotecnicamente** parlando, in questa fase ci basiamo su dati di letteratura come per la sismicità dell'area capitolo 8, individuando due tipologie di terreni in base a l'ubicazione delle WTG.

I dati non sono esaustivi per ottemperare alle NTC 2018, dove si parla di modello geotecnico, per cui in fase esecutiva sarà eseguita una campagna geognostica per conoscere i primi metri dei terreni interessati e caratterizzarli geotecnicamente, attraverso le indagini di laboratorio ottenute dai campioni di terreno prelevati. Quindi alla luce di quanto detto nei paragrafi precedenti il parco eolico in oggetto non presenta nessuna limitazione e nessun vincolo alla sua realizzazione.

Dal punto di vista del PAI, l'area è libera da vincoli tranne per la WTG C12 che è ubicata in area a pericolosità P3.

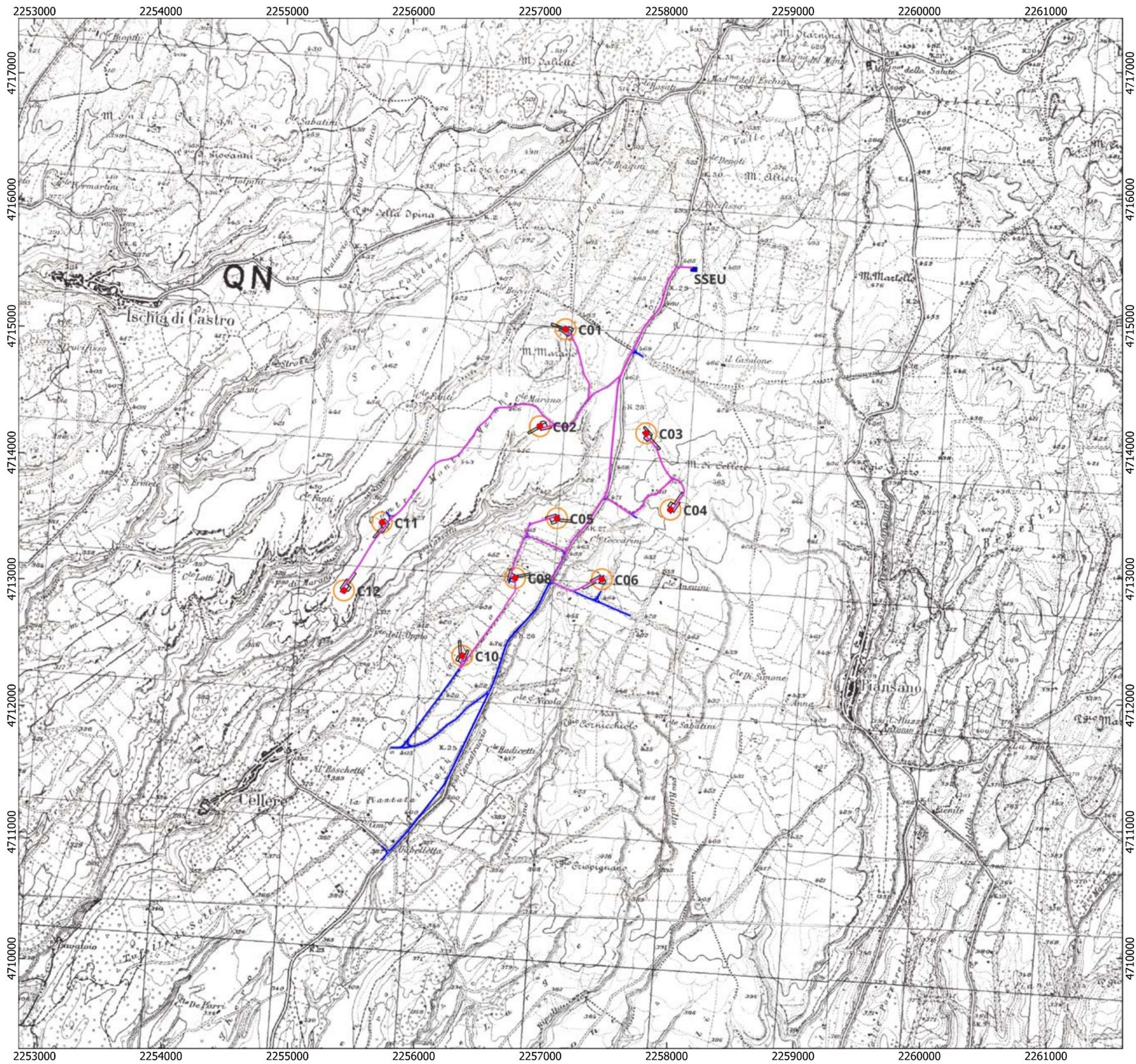
In fase esecutiva, qualora l'ente preposto lo richiedesse, saranno eseguite indagini mirate alla verifica dell'area e capire se ci troviamo in un'area stabile o meno.

Dal punto di idraulico invece non ci sono limitazioni in quanto non sussistono aree a pericolosità idraulica che interferiscono con le WTG in progetto.

Dal punto di vista geologico non sussistono problemi alla realizzazione dell'opera.

FIRMA





Sistema di riferimento  
Monte Mario / Italy zone 2

# REGIONE LAZIO

Provincia di Viterbo

COMUNE DI CELLERE



committente:

**IBERDROLA RENOVABLES ITALIA S.p.A.**



Società di Progettazione:



Ingegneria & Innovazione

Via Jonica, 16 - Loc. Belvedere - 96100 Siracusa (SR) Tel. 0931.1663409  
Web: www.antexgroup.it e-mail: info@antexgroup.it

Progetto:

**PARCO EOLICO DI "CELLERE"**

Livello:

**DEFINITIVO**

Elaborato:

**COROGRAFIA**

Il geologo



Scala:  
1:25000

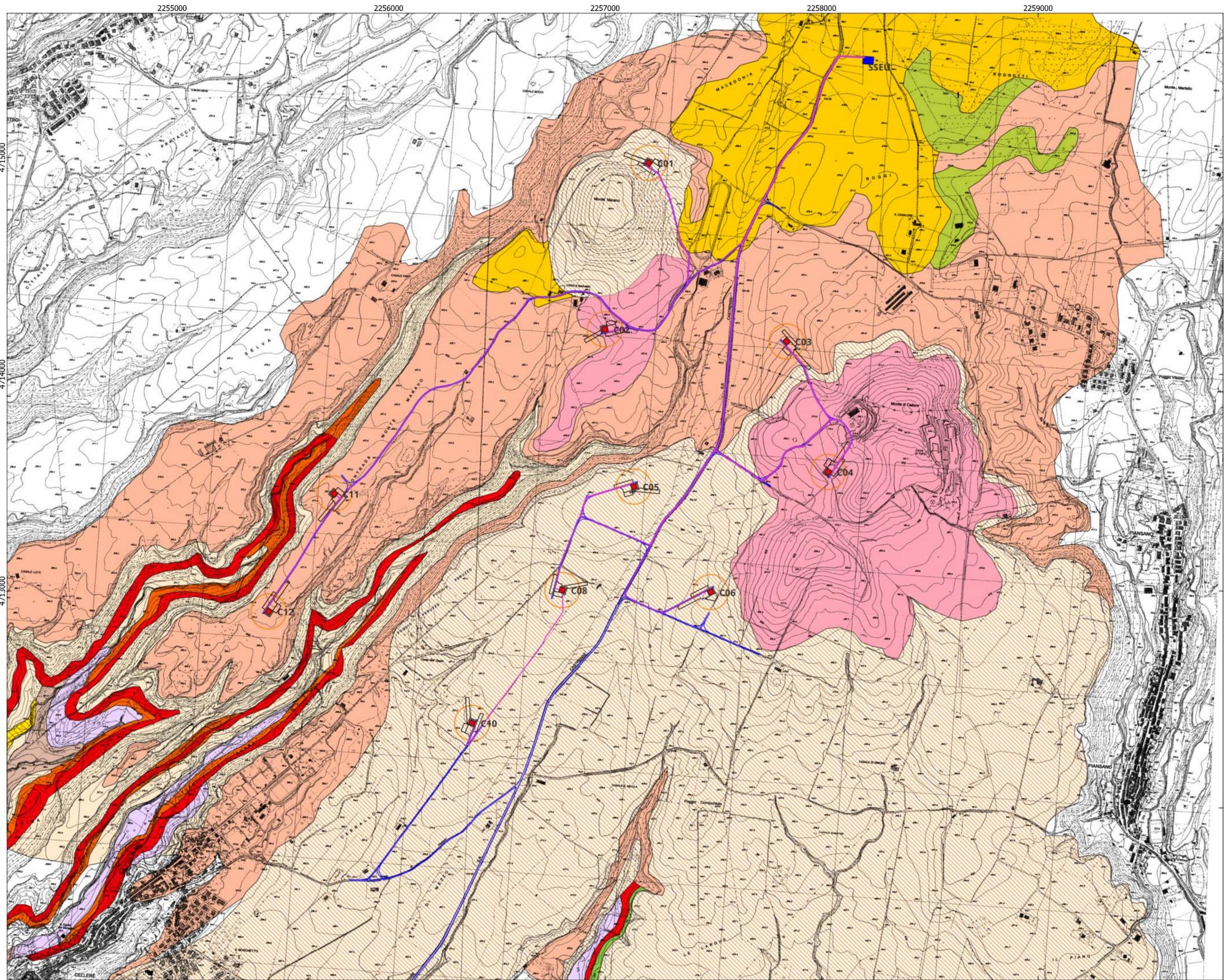
Nome DIS/

Allegato:  
1

F.to:  
A2

**Legenda**

- Viabilità
- Cavidotti
- SSEU



Sistema di riferimento  
Monte Mario / Italy zone 2

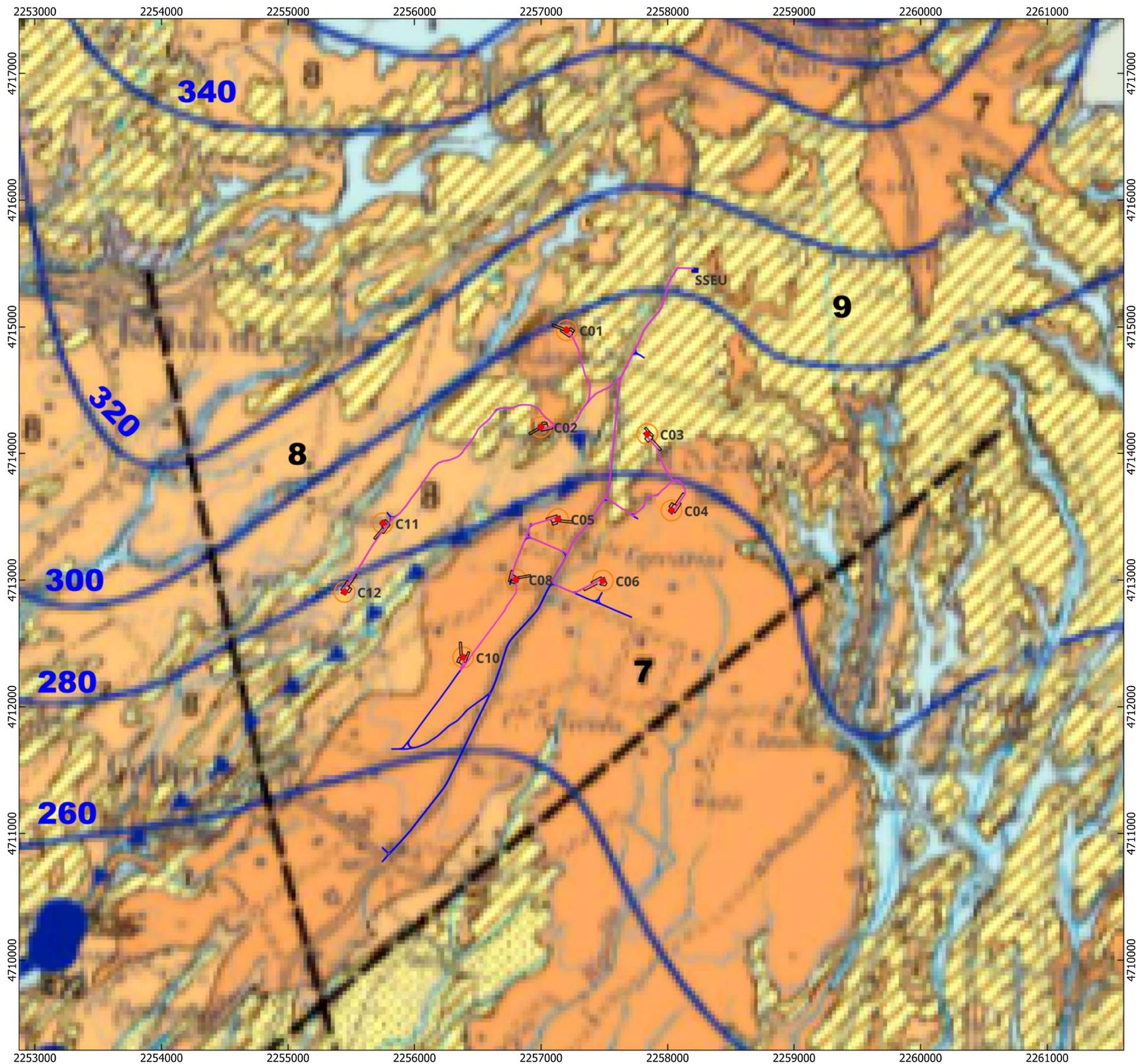
**Legenda**

- Viabilità
- Cavidotti
- SSEU
- VLN - Colata lavica grigio scura, da scoriacea a compatta, a luoghi con esfoliazione cipollare, scarsamente porfirica
- MCKa - Lave in colata grigio scure, compatte, afriche, ove alterate assumono colore grigio chiaro, esfoliazione cipollare ed aspetto pulverulento.
- MCKb - Depositi di lapilli, bombe e blocchi scoriacei rosso-arancio, in bancate massive o a gradazione multipla, da caduta stromboliana
- PZP - Ripetute alternanze di banchi da decimetrici a metrici di lapilli scoriacei grigio scuri, ben classati e gradati, con sporadici bombe e blocchi balistici
- GRC - La parte inferiore della formazione comprende un orizzonte basale di lapilli fini scoriacei grigio-scuro, a chimismo shoshonitico, passanti a lapilli pomicei biancastri da caduta pliniana
- SRK - Depositi cineritici da massivi a stratificati, da incoerenti a zeolizzati, contenenti lapilli e blocchi pomicei grigio chiari e scuri, a sanidino e sporadica leucite analcimitizzata, di composizione trachitico-fonolitica
- SVK - Presenta alla base un orizzonte-guida cineritico giallo pallido, di spessore decimetrico, a lapilli accrezionati, da surge piroclastico poggianti su un paleosuolo bruno ampiamente diffuso
- FNK - Deposito massivo, incoerente o debolmente coerente, da colata piroclastica a matrice cineritica grigio chiara, contenete pomici grigio chiari e scure anche decimetriche
- SZH - La porzione inferiore comprende, per uno spessore massimo di 25 m, depositi massivi, poco coerenti, da colata piroclastica, a matrice cineritica, con lapilli e blocchi pomicei grigio chiaro-rosati a cristalli millimetrici di sanidino e composizione
- CNK - Depositi cineritico-pomici, da massivi a blandamente stratificati, da grigio chiari e incoerenti a giallo-arancianti e zeolizzati, da corrente piroclastica
- LCL - Lave da grigio scure-verdognole e compatte, a grigio chiare e con esfoliazione cipollare laddove alterate, scoriacee al tetto. Superiormente lave grigio scure compatte a grado di porfiricità medio-elevata
- BRK - Alla base sono presenti un livello cineritico grossolano grigio chiaro, laminato, di spessore centimetrico, da surge, e un orizzonte di lapilli pomicei grigio chiaro-giallognolo, da caduta

**REGIONE LAZIO**  
Provincia di Viterbo

**COMUNE DI CELLERE**

committente:		<b>IBERDROLA RENOVABLES ITALIA S.p.A.</b>		
Società di Progettazione:				Ingegneria & Innovazione
		Via Jonica, 16 - Loc. Belvedere - 96100 Siracusa (SR) Tel. 0931.1663409 Web: www.antexgroup.it e-mail: info@antexgroup.it		
Progetto:	<b>PARCO EOLICO DI "CELLERE"</b>		Livello: <b>DEFINITIVO</b>	
Elaborato:	<b>CARTA GEOLOGICA</b>		Il geologo 	
Scala: 1:10000	Nome DIS/	Allegato: 2	F.to: A1	



Sistema di riferimento  
Monte Mario / Italy zone 2

# REGIONE LAZIO

Provincia di Viterbo

COMUNE DI CELLERE



committente:

**IBERDROLA RENOVABLES ITALIA S.p.A.**



Società di Progettazione:



Ingegneria & Innovazione

Via Jonica, 16 - Loc. Belvedere - 96100 Siracusa (SR) Tel. 0931.1663409  
Web: www.antexgroup.it e-mail: info@antexgroup.it

Progetto:

**PARCO EOLICO DI "CELLERE"**

Livello:

**DEFINITIVO**

Elaborato:

**CARTA IDROGEOLOGICA**

Il geologo



### Legenda

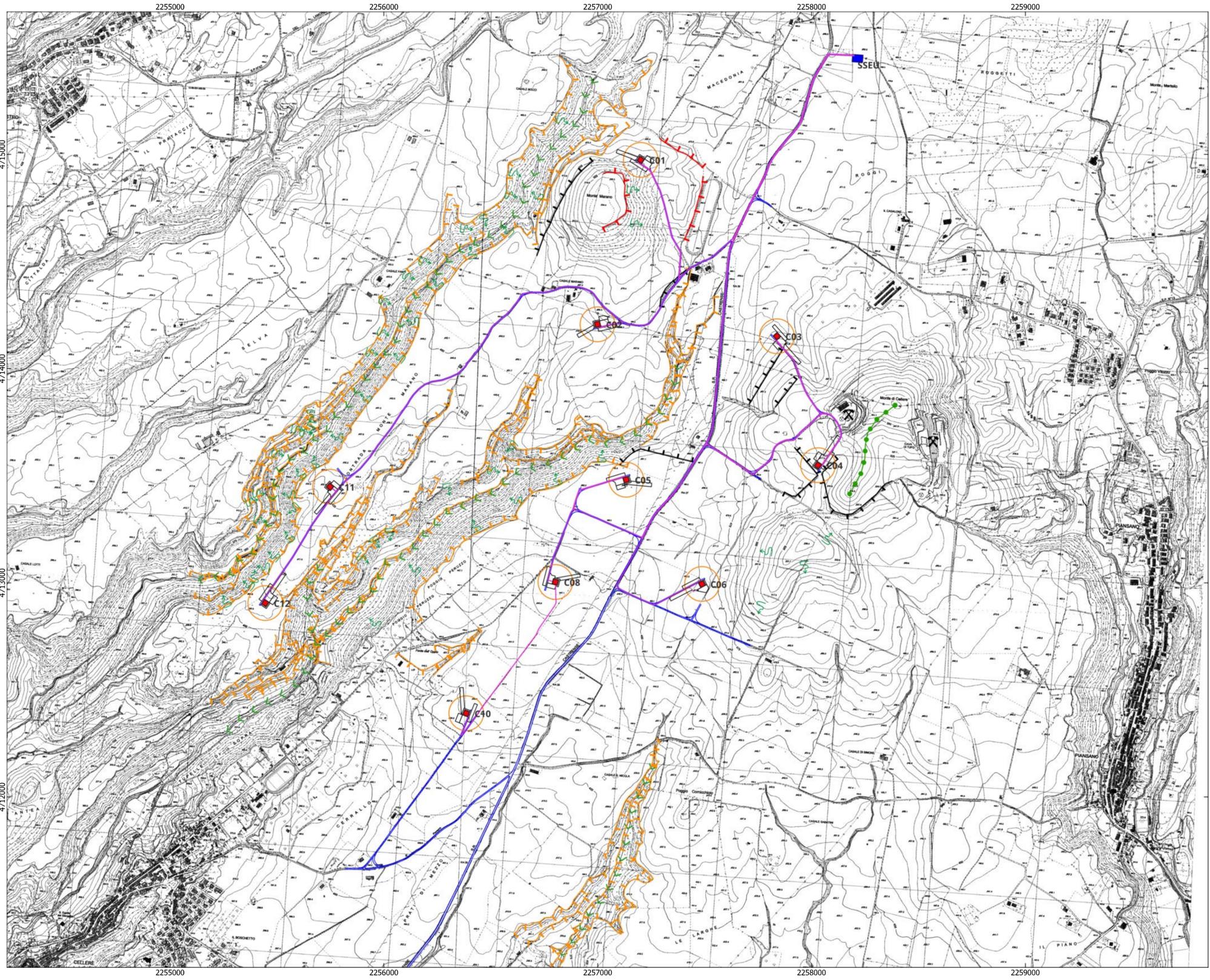
- Viabilità
- Cavidotti
- SSEU
- 7 COMPLESSO DELLE LAVE, potenzialità acquifera amedia alta  
Scole generalmente saldate, lave e laccolti. Spessori da qualche decina a qualche centinaio di metri. Questo complesso contiene falde di importanza locale ed elevata produttività, ma di estensione limitata.
- 8 COMPLESSO DELLE POZZOLANE - potenzialità media  
Depositi da colate piroclastica, genericamente massivi e caotici, prevalentemente litoidi. Nel complesso sono comprese le ignimbrite e tufi. Spessori da pochi metri ad un migliaio di metri. Questo complesso è sede di una estesa ed articolata circolazione idrica sotterranea che alimenta la falda di base dei grandi acquiferi vulcanici regionali.
- 9 COMPLESSO DEI TUFI STRATIFICATI E DELLE FACIES FREATOMAGMATICHE - potenzialità acquifera bassa.  
Tufi stratificati, tufi terrosi, breccie piroclastiche, pomici, lapilli e blocchi lavici in matrice cineritica. I termini del complesso si presentano interdigitati tra gli altri complessi vulcanici per cui risulta difficile definire lo spessore totale.
- Equidistanza 20 m per le isopieze con quote superiore a 20 m

Scala:  
1:25000

Nome DIS/

Allegato:  
3

F.to:  
A1



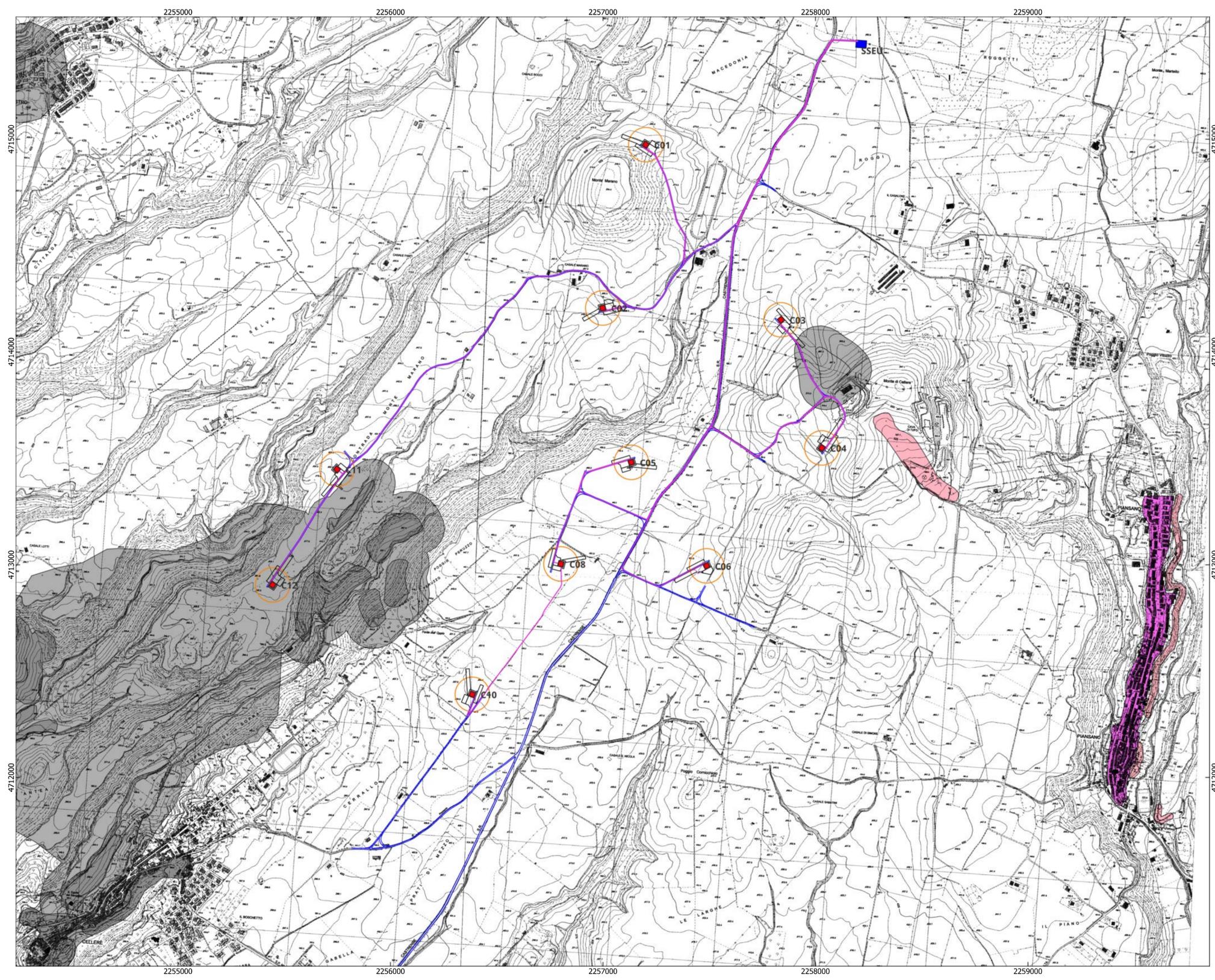
Sistema di riferimento  
Monte Mario / Italy zone 2

- Legenda**
- Viabilità
  - Cavidotti
  - SSEU
  - Cave
  - Ruscellamento
  - vallecola a V
  - orlo di scarpata
  - orlo di scarpata antropica
  - orlo di scarpata di erosione fluviale
  - cresta

**REGIONE LAZIO**  
 Provincia di Viterbo  
**COMUNE DI CELLERE**



committente: <p style="text-align: center;"><b>IBERDROLA RENOVABLES ITALIA S.p.A.</b></p>			
Società di Progettazione: 		Ingegneria & Innovazione <small>Via Jonica, 16 - Loc. Belvedere - 96100 Siracusa (SR) Tel. 0931.1663409          Web: www.antexgroup.it e-mail: info@antexgroup.it</small>	
Progetto: <p style="text-align: center;"><b>PARCO EOLICO DI "CELLERE"</b></p>		Livello: <p style="text-align: center;"><b>DEFINITIVO</b></p>	
Elaborato: <p style="text-align: center;"><b>CARTA GEOMORFOLOGICA</b></p>		Il geologo: 	
Scala: 1:10000	Nome DIS/	Allegato: 4	F.to: A1



Sistema di riferimento  
Monte Mario / Italy zone 2

**Legenda**

- Viabilità
- Cavidotti
- SSEU
- PAI\_frane**
- A equivalente a P4
- B equivalente a P3
- P3
- P4

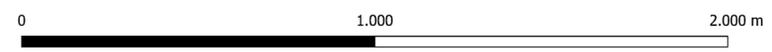
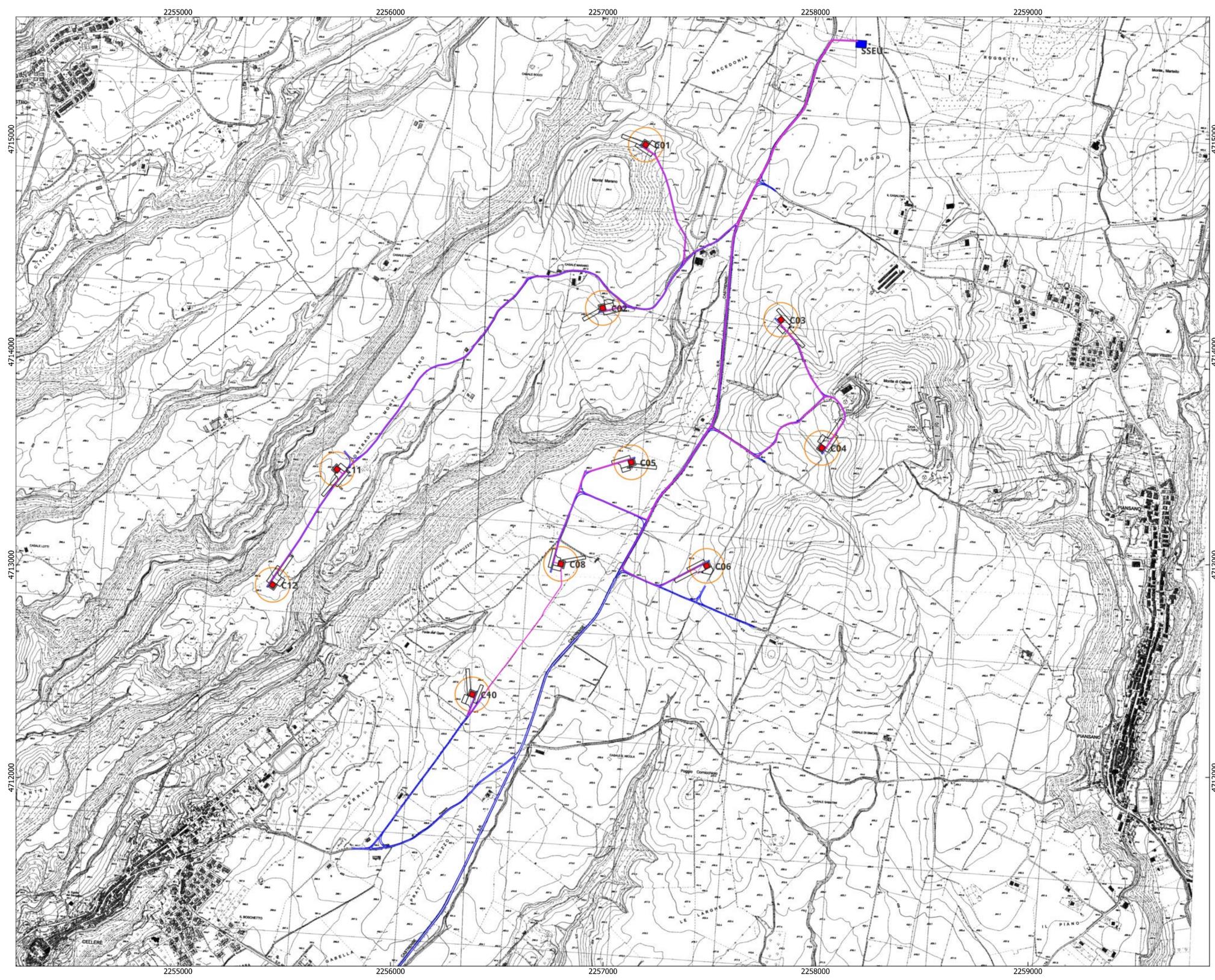
## REGIONE LAZIO

Provincia di Viterbo

COMUNE DI CELLERE



committente:		<b>IBERDROLA RENOVABLES ITALIA S.p.A.</b>		
Società di Progettazione:				Ingegneria & Innovazione
Progetto:		<b>PARCO EOLICO DI "CELLERE"</b>		Via Jonica, 16 - Loc. Belvedere - 96100 Siracusa (SR) Tel. 0931.1663409 Web: www.antexgroup.it e-mail: info@antexgroup.it
Elaborato:		<b>CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA</b>		Livello: <b>DEFINITIVO</b>
Scala: 1:10000	Nome DIS/	Allegato: 5	F.to: A1	



Sistema di riferimento  
Monte Mario / Italy zone 2

**Legenda**

- Viabilità
- Cavidotti
- SSEU
- PAI\_alluvioni**
- P3
- P4
- SUB-FASCIA A PERICOLOSITÀ A1

## REGIONE LAZIO

Provincia di Viterbo

COMUNE DI CELLERE



committente:		<b>IBERDROLA RENOVABLES ITALIA S.p.A.</b>		
Società di Progettazione:		Ingegneria & Innovazione		
		Via Jonica, 16 - Loc. Belvedere - 96100 Siracusa (SR) Tel. 0931.1663409 Web: www.antexgroup.it e-mail: info@antexgroup.it		
Progetto:		<b>PARCO EOLICO DI "CELLERE"</b>		Livello: <b>DEFINITIVO</b>
Elaborato:		<b>CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA</b>		Il geologo 
Scala: 1:10000	Nome DIS/	Allegato: 6	F.to: A1	